

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2013

JANA PICHOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: Produktový management - Textil

**VLIV KALANDROVÁNÍ NA TEPELNÝ
KOMFORT VLNAŘSKÝCH TKANIN**

**INFLUENCE OF CALENDERING ON
THERMAL COMFORT OF WOOLEN FABRICS**

Jana Pichová

KHT-208

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Luboš Hes, DrSc.

Rozsah práce:

Počet stran textu	129
Počet obrázků	17
Počet tabulek	33
Počet grafů	21
Počet stran příloh	94

ZADÁNÍ

1. Uved'te stručný přehled poznatků o komfortu textilií a způsobech jeho hodnocení, včetně hodnocení tepelného omaku a odporu textilií přístrojem ALAMBETA. Dále pak popište podstatu mechanických úprav vlnařských textilií, zejména pak pomocí kalandrování.

2. Opatřete alespoň 10 vzorků vlnařských tkanin ve dvou různých vazbách, o různém složení a s různým stupněm úpravy kalandrováním.

3. Pomocí přístroje FX 3300 určete prodyšnost vzorků a přístrojem ALAMBETA stanovte tepelnou jímavost a tepelný odpor všech vzorků za sucha, u vybraných vzorků také při 5 úrovních zavlhčení. Postupné vysoušení vzorků provádějte přikládáním savých papírů. Stupeň vlhkosti vztažený na zcela suchou textilii stanovte vážením.

4. Naměřená data zpracujte statisticky v závislosti na složení tkanin, jejich vazbě a dostavě a stupni kalandrování. U vybraných vzorků také zjistěte vliv vlhkosti textilie na zmíněné parametry tepelného komfortu a na jejich prodyšnost. Stanovte optimální stupeň kalandrování, který zajistí dostatečně vysoký tepelný odpor a současně i suchý omak (odpovídající tepelné jímavosti nižší než $400 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{K}^{-1}$) u všech vzorků a při cca 40% zavlhčení u vybraných tkanin.

5. Výsledky práce dle možností zobecněte a komentujte

Žádost o prodloužení

PROHLÁŠENÍ

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 27.5.2013

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tato práce vznikla pod odborným vedením pana prof. Ing. Luboše Hese, Dr.Sc. Tímto mu velmi děkuji za cenné rady a připomínky a především za zajištění nezapomenutelné pracovní stáže na Ege univerzitě v Izmiru v Turecku v rámci projektu Erasmus.

Velký dík zaslouží všichni zaměstnanci Ege univerzity, kteří byli vždy ochotni pomoci. Především patří dík tamním vedoucím mojí práce prof. Dr. Arzu Marmarali a Yrd. Doç. Dr. Nidě Oglakcioglu. Sledně Emel Mert děkuji za poskytnutí vzorků a přátelskou pomoc.

Dále bych ráda poděkovala fakultní koordinátorce zahraniční stáže Ing. Pavle Těšínové, Ph.D. a Ing. arch. Randě Tomehové a Věře Houšťové z kanceláře Erasmu Technické univerzity v Liberci, bez jejichž pomoci by zahraniční stáž neproběhla.

Za odborné konzultace děkuji prof. RNDr. Janu Pickovi, CSc., doc. Ing. Michalu Vikovi, Ph.D., doc. Ing. Maroši Tunákovi, Ph.D., Ing. Janě Čandové a Ing. Ivetě Vyskočilové. Ing. Janě Bajákové patří velký dík za zhotovení snímků na elektronovém mikroskopu.

Svým rodičům děkuji za podporu, kterou mi tak samozřejmě po celý život poskytují.

ANOTACE

Diplomová práce se zabývá vlivem kalandrování na tepelný komfort vlnářských tkanin. Popisuje způsoby hodnocení termofyziologického komfortu a principy mechanických finálních úprav. Vliv kalandrování je zjišťován porovnáním vybraných tepelně komfortních vlastností vlnářských tkanin o různých stupních kalandrování a různých dostavách. Tepelný odpor, tepelná jímavost a prodyšnost jsou proměřovány na přístrojích Alambeta a FX 3300 na suchých tkaninách a při různých stupních zavlhčení. Zjištěné hodnoty jsou statisticky zpracovány. Hlavním cílem práce je zhodnotit, zda má kalandrování vliv na tepelný odpor, tepelnou jímavost a prodyšnost vlnářských tkanin.

KLÍČOVÁ SLOVA:

termofyziologický komfort, kalandrování, tepelný odpor, tepelná jímavost, prodyšnost, Alambeta, FX 3300, vlnářské tkaniny

ANNOTATION

This diploma thesis is focused on influence of calendering on thermal comfort of woolen fabrics. The methods of thermophysiological comfort evaluation and principles of mechanical finishing are described teoretically. The choosen thermal comfort properties of the woolen fabrics are compared to find out the influence of calendering. The thermal resistance, thermal absorbability and air permeability of dry samples and samples with different moisture content are measured on Alambeta and FX 3300 device. The experimental data are evaluated statistically. The main aim of the thesis is to evaluate, if the calendering influences the thermal resistance, thermal absorbability and air permeability of the woolen fabrics.

KEY WORDS:

thermophysiological comfort, calendering, thermal resistance, thermal absorbability, air permeability, Alambeta, FX 3300, woolen fabrics

OBSAH

Úvod	10
1. Teoretická část	11
1.1. Komfort oděvu	11
1.1.1. Psychologický komfort	11
1.1.2. Senzorický komfort.....	12
1.1.3. Patofyziologický komfort	13
1.1.4. Termofyziologický komfort.....	13
1.2. Přenosy tepla a hmoty	15
1.2.1. Výparný odpor	17
1.2.2. Tepelný odpor	18
1.2.3. Prodyšnost.....	18
1.3. Způsoby hodnocení termofyziologického komfortu textilií	20
1.3.1. Gravimetrická metoda.....	20
1.3.2. Metoda DREO	21
1.3.3. Potíci torzo	21
1.3.4. Tepelný manekýn.....	21
1.3.5. Potíci se manekýn	22
1.3.6. Bioklimatické komory	22
1.3.7. Skin model	22
1.3.8. Permetest.....	23
1.3.9. Alambeta.....	24
1.3.10. FX 3300	27
1.4. Sorpční vlastnosti vláken	28
1.4.1. Sorpční procesy.....	28
1.4.2. Tepelné jevy při sorpci vody	32
1.4.3. Bobtnání vláken	33
1.5. Finální úpravy textilií.....	33
1.5.1. Mechanické finální úpravy	34
1.6. Současné poznatky o zkoumané problematice	42
1.6.1. Vliv finálních úprav na komfort textilií	42

1.6.2.	Vliv vlhkosti na komfort textilií	44
2.	Experimentální část.....	46
2.1.	Vzorky	46
2.1.1.	Finální úpravy vzorků	47
2.1.2.	Materiálové složení	49
2.2.	Předmět a metodika výzkumu.....	54
2.2.1.	Zjišťování skutečné dostavy	54
2.2.2.	Zjišťování plošné hmotnosti	55
2.2.3.	Zjišťování tepelné jímavosti a tepelného odporu.....	55
2.2.4.	Zjišťování tepelné jímavosti a tepelného odporu za vlhka	56
2.2.5.	Zjišťování prodyšnosti	58
2.2.6.	Zjišťování prodyšnosti za vlhka.....	59
2.2.7.	Elektronový mikroskop.....	60
2.2.8.	Stereomikroskop	61
2.3.	Vyhodnocování výsledků	63
2.3.1.	Dostava a plošná hmotnost	63
2.3.2.	Snímky z elektronového mikroskopu	64
2.3.3.	Tepelný odpor a tepelná jímavost.....	68
2.3.4.	Tepelný odpor a tepelná jímavost za vlhka	82
2.3.5.	Prodyšnost.....	98
2.3.6.	Prodyšnost za vlhka	103
2.3.7.	Stereomikroskop	122
2.3.8.	Zjištění závislostí mezi prodyšností a tepelně komfortními vlastnostmi.....	124
2.4.	Shrnutí poznatků	125
3.	Závěr	128
	Použité informační zdroje.....	130
	Seznam obrázků.....	135
	Seznam tabulek.....	137
	Seznam příloh	139

Seznam použitých symbolů

b	tepelná jímavost	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{1/2} \text{K}^{-1}]$
λ	měrná tepelná vodivost	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1}]$
a	měrná teplotní vodivost	$[\text{m}^2 \text{s}^{-1}]$
c	měrná tepelná kapacita	$[\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \text{K}^{-1}]$
P_{rel}	relativní propustnost pro vodní páry	$[\%]$
R_{ct}	tepelný odpor	$[\text{W}^{-1} \text{K} \cdot \text{m}^2]$
R_{et}	výparný odpor	$[\text{m}^2 \text{Pa} \cdot \text{W}^{-1}]$
h	tloušťka materiálu	$[\text{mm}]$
q	tepelný tok	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
q_{max}	maximální úroveň kontaktního tepelného toku	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}]$
q_0	tepelný tok odparu z volné vodní hladiny o průměru vzorku	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}]$
q_v	tepelný tok po zakrytí volné vodní hladiny vzorkem	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \text{K}^{-1}]$
$R_{\text{ct}0}$	konstanta přístroje dle ISO 11092	$[\text{W}^{-1} \text{K} \cdot \text{m}^2]$
$R_{\text{et}0}$	konstanta přístroje dle ISO 11092	$[\text{W}^{-1} \text{Pa} \cdot \text{m}^2]$
A	plocha měřicí jednotky dle ISO 11092	$[\text{m}^2]$
T_a	teplota vzduchu ve zkušebním prostoru	$[^{\circ}\text{C}]$
T_m	teplota měřicí jednotky	$[^{\circ}\text{C}]$
H	výhřevnost dodávaná měřicí jednotce dle ISO 11092	$[\text{W}]$
ΔH_c	korekce pro výhřevnost při měření tepelné odolnosti dle ISO 11092	$[-]$
ΔH_e	korekce pro výhřevnost u měření výparného odporu dle ISO 11092	$[-]$
p_a	parciální tlak vodní páry ve vzduchu	$[\text{Pa}]$
p_m	nasycený parciální tlak vodní páry	$[\text{Pa}]$
U	vlhkostní přivažek	$[\%]$
R_A	prodyšnost	$[\text{l} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}]$

Úvod

V poslední době se pozornost upírá na výzkum a vývoj nových materiálů a technologií zajišťujících maximální komfort v určité situaci nebo při výkonu určité specifické činnosti. Nemělo by se ale zapomínat na oděvy užívané v běžných denních situacích. Zejména takové oděvy, jejichž nošení podléhá zaběhnutým společenským konvencím a radikální změna v materiálu tudíž není možná. Dobrým příkladem je tradice společenského obleku. Společenský oblek si každodenně obléká velké procento světové populace. Jeho nošení může v určitých situacích způsobovat značný diskomfort. Zejména v letních měsících může neprodyšná textilie omezovat správné udržování termofyziologického komfortu. Zjištění, zda lze zajistit přijatelnější komfortní vlastnosti oblekových tkanin, by bylo přínosem. Pro porozumění, jaké vlastnosti oblekových tkanin a v jaké míře ovlivňují tepelné pohodlí uživatele, je nutné provést studii tepelného komfortu na tkaninách, které jsou v současnosti běžně používány a dostupné na trhu.

Tato práce zkoumá vliv kalandrování a konstrukce materiálu u vlnářských tkanin na některé komfortní vlastnosti. Zejména se jedná o tepelný odpor, tepelnou jímavost a prodyšnost. V teoretické části jsou nejdříve stručně popsány jednotlivé složky oděvního komfortu. Podrobněji rozebrán je komfort termofyziologický, parametry, které ho ovlivňují, a různé metody jejich zjišťování. Dále je pojednáno o základních principech mechanických finálních úprav, zejména o kalandrování. V experimentální části jsou zjišťovány parametry termofyziologického komfortu a jejich změny, které nastanou při zavlhčení textilií.

Účelem práce je zjistit, jakým způsobem ovlivňuje provedená úprava kalandrování a konstrukce materiálu prodyšnost textilie, tepelný odpor a tepelnou jímavost. Dále bude zjišťováno, jak se tyto vlastnosti budou měnit při určitých stupních zavlhčení textilií. Cílem práce je zobecnění získaných výsledků, zhodnocení provedené úpravy kalandrování a konstrukce materiálu na tepelný komfort uživatele.

Část práce byla vypracována na Ege univerzitě v tureckém Izmiru v rámci studijního programu Erasmus pod odborným vedením prof. Dr. Arzu Marmarali a Yrd. Doç. Dr. Nidy Oglakcioglu.

1. Teoretická část

1.1. Komfort oděvu

Pojem komfort oděvu se v podstatě shoduje s definicí komfortu obecně. Jedná se o pocit pohodlí či pohody uživatele oděvu. V tomto stavu lidské smysly hmat, zrak, sluch a čich nezaznamenávají jakékoliv nepříjemné až bolestivé vjemy. Fyziologické funkce organismu jsou v optimu a nepřevládají pocity chladu, ani tepla.

Naopak, pocit chladu nebo tepla, kdy fyziologické funkce nejsou v optimu a okolí včetně oděvu vytváří nepříjemné pocity, se nazývá diskomfortem. Pocity tepla se dostavují v souvislosti s vyšším fyzickým zatížením nebo vlhkým a teplým prostředím. Pocity chladu zase vytváří nižší zatížení a chladné prostředí. [1, 2]

Komfort se dále rozděluje do čtyř skupin.

1.1.1. Psychologický komfort

Psychologický komfort zahrnuje velké množství hledisek, která se můžou rozdělit do několika skupin. Jsou to hlediska kulturní, náboženská, ekonomická, historická, skupinová, individuální, sociální a klimatická. Klimatickými hledisky se rozumí to, že tradiční oděv v různých geografických oblastech se přizpůsobil podmínkám v dané oblasti. Takovýto oděv je v dané geografické oblasti považován za normu. Do sociálních hledisek se řadí např. věk, vzdělání nebo postavení ve společnosti. Nízká úroveň termofyziologického komfortu může být dokonce vykompenzována vysokým psychologickým komfortem, způsobeným odlišným oděvem značícím vysoké postavení v určité společenské třídě. Z tohoto důvodu by se neměl psychologický komfort opomíjet. Psychologický komfort tvoří důležitou položku celkového komfortu. Je však značně individuální.[1]

1.1.2. Senzorický komfort

Senzorický komfort tvoří pocity člověka při styku pokožky s první vrstvou oděvu. Tyto pocity nejsou jen příjemné, jako např. pocit hřejivosti, měkkosti, ale též nepříjemné, jako jsou pocity chladu, vlhka, škrábání, lepení apod. Dále senzorický komfort jde rozdělit na komfort nošení a na omak.

Komfort nošení ovlivňuje povrchová struktura textilie, rozložení tlaků v oděvním systému a vlastnosti komfortu termofyziologického, tj. schopnost textilie absorbovat a transportovat kapalnou a plynnou vlhkost. Dalo by se říci, že komfort nošení tvoří senzorický komfort z dlouhodobého hlediska, při dlouhodobém styku s pokožkou.

Omak textilie ovlivňuje tuhost, tepelný vjem, hladkost a objemnost textilie. Jedná se o pocity při dotyku dlaně a prstů s textilií. Tento aspekt je značně subjektivní. [1]

1.1.2.1. Tepelný omak

Tepelný omak charakterizuje krátkodobý tepelný pocit při styku pokožky s textilií, např. při oblékání spodního prádla. V poslední době zažívá tepelný omak zvýšený zájem, protože hraje výraznou roli při rozhodování zákazníků o nákupu dané textilie. Veličinou, která objektivně charakterizuje tepelný omak je tepelná jímavost.

Přístroje objektivně hodnotící tepelný omak jsou:

Thermo-Labo

Thermo-Labo je první přístroj, který byl schopen objektivně hodnotit tepelný omak. K hodnocení bylo použito maximální úrovně kontaktního tepelného toku q_{max} . Měl však několik nevýhod, jako složitost matematického zpracování, které znemožňovaly jeho automatizaci.

Alambeta

Alambeta hodnotí tepelný omak pomocí tepelné jímavosti b . Kromě tepelné jímavosti měří i další termofyzikální vlastnosti textilií. viz. kapitola 1.3.9.

1.1.3. Patofyziologický komfort

Patofyziologie je věda, která se zabývá působeními mezi oděvem a organismem. Patofyziologický komfort je dán vzájemným působením mikroorganismů vyskytujících se na pokožce a chemických substancí obsažených v textiliích. Záleží na odolnosti lidské pokožky proti těmto chemickým látkám. Pokud je patologický komfort na nízké úrovni, může dojít k onemocnění kůže vlivem dráždění nebo alergií. Úroveň patofyziologického komfortu je v poslední době zvyšována pomocí různých úprav, které snižují dráždivost a jsou antimikrobiální. Jedná se o chemické úpravy vláken i tkanin a použití kompozit s baktericidními vlastnostmi.[1]

1.1.4. Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort je stav organismu, kdy jsou termofyziologické funkce na optimální úrovni. Je vnímán jako stav teplotního pohodlí. Termofyziologické funkce organismu jsou v optimu, pokud jsou na optimální úrovni následující oblasti:

Teplota pokožky

Teplota na různých místech těla není jednotná. Pohybuje se v závislosti na fyziologické zátěži, teplotě okolí a prokrvenosti těla. Teplota tělesného jádra se u zdravých jedinců pohybuje kolem 37 °C. Nejlépe prokrvené části těla mají nejvyšší teplotu pokožky 35-36 °C, je to hlava, oblast hrudníku a břicha. Periferní části těla mají teplotu 29-31 °C. Do této skupiny se řadí nohy a ruce. Nejchladnějšími částmi těla jsou s teplotou 23-28 °C různá tělní zakončení jako špička nosu a prsty. Každý člověk pociťuje teplotní pohodu na různě odlišné úrovni. Většinou se pohybuje v rozmezí průměrné teploty pokožky 32-34 °C.

Vlhkost pokožky

Pocení je jedním ze způsobů, jak se lidský organismus vyrovnává s teplotními změnami. Množství vylučované vody je závislé na klimatických podmínkách a pracovním zatížení. Při normálním prokrvení organismu k pocení nedochází.

Obsah CO₂ nad pokožkou ve vzdušné vrstvě

Během dýchání pokožky dochází k výměně O₂ a CO₂. Zatímco kyslík vstupuje do organismu a váže se na krev, oxid uhličitý je vylučován a mezi pokožkou a oděvem

spoluvytváří specifické klima. Toto mikroklima je tvořeno kromě oxidu uhličitého i vlhkostí a teplotou. [3]

Jako optimální hodnoty pro mikroklima znamenající termofyziologický komfort jsou dány [1]:

- teplota pokožky 33 – 35 °C
- relativní vlhkost vzduchu 50±10 %
- rychlost proudění vzduchu 25±10 cm/s
- obsah CO₂ 0,07 %
- nepřítomnost vody na pokožce

Pro objektivní hodnocení termofyziologického komfortu byl stanoven empirický vztah (1), jehož výsledkem je hodnota udávající míru komfortu na škále 1 – velmi dobrý až 6 – nedostatečný.

$$TK_T = \alpha_1 i_{mt} + \alpha_2 F_i + \alpha_3 K_d + \alpha_4 \beta_T + \alpha_5 K_f + \beta \quad (1)$$

kde: i_{mt} - index prostupu vodních par

F_i - schopnost krátkodobého přijímání par [%]

K_d - hodnota vyrovnávání vlhkosti

β_T - hodnota vyrovnávání teploty [K.min⁻¹]

K_f - pufrační veličina

F_1 - propustnost vlhkosti [g.m⁻²h.mbar⁻¹]

R_{ct} - tepelná izolace vlhké textilie [m².mbar.W⁻¹]

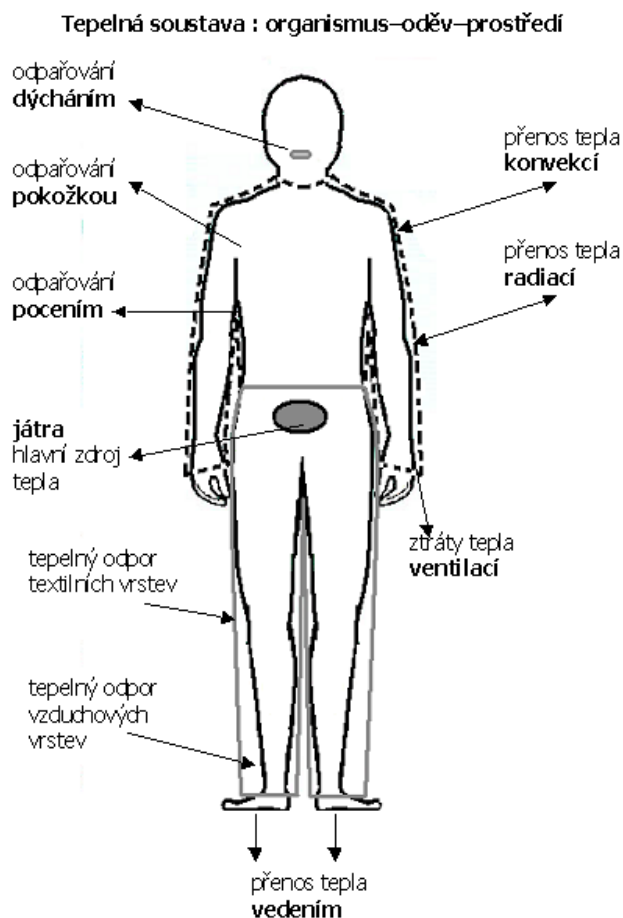
$\alpha_1 - \alpha_5, \beta$ - konstanty

Tyto optimální hodnoty by měly být dosaženy pomocí správně zkonstruovaného oděvu, který by měl pro specifické klima a zátěž splňovat nároky na přenos tepla, kapalně i plynně vlhkosti a vzduchu. Tohoto přenosu může být dosaženo správně zvolenou vlákenou surovinou, ale i konstrukcí materiálu a samotného oděvu.

1.2. Přenosy tepla a hmoty

Přenosy tepla a hmoty mezi organismem a prostředím probíhají neustále, v rámci snahy o udržení tepelné bilance a z toho vyplývajícího termofyziologického komfortu a tvoří navzájem provázané děje. Celý průběh termoregulace probíhá na několika úrovních [4]:

- První oblastí jsou biologické procesy v lidském těle. Konkrétně jde o metabolické teplo produkované organismem v závislosti na tělesné aktivitě, přenos energie mezi různými částmi těla pomocí krevního oběhu, tepelné interakce mezi pokožkou a okolím, které se realizují prostřednictvím kondukce (vedení), konvekce (proudění) a radiace (záření) a tepelné ztráty způsobené vylučováním vlhkosti v důsledku evaporace (pocení) a respirace (dýchání).
- Druhou oblastí jsou tepelné přenosy skrz oděvní systém pomocí kondukce, konvekce a radiace. Patří sem také vznik latentního tepla v oděvním materiálu v důsledku fázových změn, jako je teplo vzniklé při kondenzaci, vypařování, mrznutí nebo tání.
- Třetí oblastí jsou přenosy vlhkosti v oděvu. Je to difúze a konvekce vodní páry v mezivlákněných prostorech, difúze vlhkosti hmotou vláken, difúze kapalně vlhkosti kapilárními kanálky, kondenzace nebo vypařování vlhkosti či chlazení nebo tavení.



Obr. 1: Tepelná soustava: organismus-oděv-prostředí dle [1]

Tepelnou bilanci organismu znázorněnou na obr. 1 lze vyjádřit rovnicí (2) dle [1] vyjádřenou v jednotkách tepelného výkonu vztaženého na jednotku povrchu těla, nebo-li v jednotkách tepelného toku q :

$$(M_{\min} + L/\eta - L) = M - L \quad (2)$$

$$(M - L)/A_{Du} \pm q_{\text{vedením}} \pm q_{\text{prouděním}} \pm q_{\text{zářením}} - q_{\text{ins}} - q_{\text{resp}} - q_{\text{persp}} \pm q_{\text{akum}} = 0$$

kde:

A_{Du} - povrch lidského těla podle Duboise [m^2], v průměru $1,8 m^2$

M_{\min} - základní metabolický výkon [W]

M - celkový metabolický výkon [W]

L - pracovní výkon [W]

η - účinnost [%]

$q_{\text{vedením}}$ - přenos tepla kondukcí při dotyku oděvu s pokožkou

$q_{\text{prouděním}}$ - přenos tepla konvekcí kolem povrchu oděvu nebo pokožky [W.m^{-2}]

$q_{\text{zářením}}$ - přenos tepla radiací, dosahující až 30 % z celkového tepelného toku

q_{ins} - ochlazování nepatrným nevnímaným odpařováním z kožních pórů

q_{res} - ochlazování dýcháním, kdy dochází k přenosu tepla konvekcí na vnitřním povrchu plic

q_{persp} - ochlazování odparem na vnitřním povrchu plic

q_{persp} - intenzivní ochlazování pomocí hlavních potních žláz

q_{akum} - změna akumulovaného tepla při náhlé změně teploty prostředí

V systému organismus – oděv – prostředí tvoří oděvní vrstva spolu s obsaženým vzduchem bariéru, kterou musí teplo a kapalná i plynná vlhkost překonat. Tento přenos probíhá buď směrem od vnějšího prostředí, nebo směrem k pokožce. Směr i velikost přenosů je závislý na vlhkosti, teplotě a tlaku na obou stranách oděvu. To, jestli těmto přenosům oděv brání nebo jim napomáhá, je ovlivněno jeho propustností pro teplo, vzduch a vodní páry či vodu. [4, 5]

Nejdůležitějšími vlastnostmi, které nejlépe popisují míru propustností textilií, jsou parametry výparného a tepelného odporu a prodyšnost textilií. [6]

1.2.1. Výparný odpor

Výparný odpor charakterizuje propustnost textilie pro vodní páru. Parametr vypovídá o teplených účincích v důsledku odparu potu. Jeho velikost závisí na vlhkostním gradientu, tj. rozdílu parciálních tlaků vodních par na povrchu pokožky a ve vnější vrstvě, dále pak na paropropustnosti oděvu pro vodní páry. Takto rozlišujeme celkový výparný odpor oděvu a výparný odpor přilehlé mezní vrstvy vzduchu. Na velikosti těchto parametrů závisí míra ochlazování pomocí odparu. [1]

Různé metody zjišťování výparného odporu jsou popsány v kapitole 1.3.

1.2.2. Tepelný odpor

Tepelný odpor je výsledkem kombinace kondukčního (vedení), konvekčního (proudění) a radiačního (záření) tepla. Jeho velikost závisí na tom, do jaké míry každá ze složek přispívá k celkovému přenosu tepla. Rozlišuje se tepelný odpor oděvu a tepelný odpor přilehlé mezní vrstvy. Tepelný odpor textilního materiálu je závislý na jeho tloušťce a na jeho tepelné vodivosti, je její převrácenou hodnotou, tzn. vyjadřuje míru schopnosti materiálu zadržet odvod tepla. [1]

Různé metody zjišťování tepelného odporu jsou popsány v kapitole 1.3.

1.2.3. Prodyšnost

Prodyšnost, nebo-li propustnost textilie pro vzduch je vlastnost textilií charakterizující rychlost průtoku vzduchu textilií. Zvyšuje proudění plynu nebo kapaliny mezi pokožkou, oděvem a okolím a tím zajišťuje přenos tepla. Jeho míra závisí na teplotě okolí a rychlosti vnějšího vzduchu. Pokud je teplota vnějšího vzduchu chladnější a oděv je dostatečně propustný, dochází k významnému odvodu tepla od těla, žádoucího především u sportovních oděvů. U oděvů do extrémně chladných a větrných podmínek (vysokohorská turistika), je naopak žádoucí minimální propustnost textilie pro vzduch, která by mohla mít za následek nadměrnou ventilaci, čili únik tepla a v extrémních případech i ohrožení lidského života. [1]

Ventilační schopnost oděvu není zajišťována jen prodyšností použité textilie, ale také konstrukcí oděvu jako takového. Prvky jako rozepínání límce, podpaží, manžet nebo rukávů nebo použití velmi prodyšných vsadek v místech se zvýšeným pocením, jako jsou záda nebo podpaží, jsou s úspěchem používány u sportovních oděvů, kde se předpokládá vysoké zahřátí organismu a z toho plynoucí zvýšená potřeba ochlazení organismu. Jsou však typy oděvů, které podléhají společenským konvencím, jako jsou společenské obleky, a použití libovolných konstrukčních prvků zde není možné. V takovém případě je ventilace významně závislá na prodyšnosti textilie. Efekt prodyšnosti textilie na tepelnou výměnu mezi pokožkou a okolním prostředím není bezvýznamný. Může být dokonce významnější než použití konstrukčních ventilačních prvků. Rozdíl mezi málo prodyšnou a více prodyšnou textilií může znamenat

neschopnost nebo schopnost oděvu odvést od těla pot vyprodukovaný při lehké práci, tj. např. pot vyprodukovaný při práci v kancelářském prostředí. [7]

1.2.3.1. Faktory ovlivňující prodyšnost

Na prodyšnost mají vliv všechny následující faktory rozdělené do úrovně podle toho, do jaké části výrobního procesu spadají [5]:

- **Vlákenná surovina** - jemnost vlákna, objem vlákna, tvar příčného řezu, vlákenná surovina a její vlastnosti, včetně sorpčních vlastností ovlivňujících bobtnání
- **Příze** - průměr a jemnost příze, zákrut příze, zaplnění a pórovitost příze, chlupatost příze
- **Tkanina** (plošná textilie) - vazba a dostava tkaniny, tloušťka, objemová a plošná měrná hmotnost tkaniny, zaplnění a zakrytí tkaniny, pórovitost tkaniny
- **Zušlechťovací proces** - tužící a plnicí úprava, finální úpravy, včetně kalandrování

1.2.3.2. Zjišťování prodyšnosti

Zjišťování prodyšnosti oděvních materiálů je součástí hodnocení komfortu. Provádí se také za účelem lokalizace nestejnomyšností v dostavě. Standardně se provádí měření prodyšnosti podle normy ČSN EN ISO 9237. Podstatou je nasávání vzduchu skrz plochu testované textilie při definovaném tlakovém spádu. Výpočet prodyšnosti se provede podle vzorce (3) dle [5]:

$$R = \frac{q_v}{S} * 167 \quad (3)$$

kde:

R - prodyšnost [mm/s]

q_v - průměrný objem vzduchu, zjištěný na průtokoměru [l/min]

S - zkušební plocha vzorku [cm²]

167 - přepočítávací faktor

Existují různé modely pro předpovídání prodyšnosti. Většinou jsou založené na předpokladu, že prodyšnost je nepřímým vyjádřením porosity textilie. Jedna z interpretací vyjadřuje porositu jako doplněk k plošnému zakrytí tkaniny. To neplatí ve všech případech. Prodyšnost je velmi citlivá na změny faktorů, které ji ovlivňují. Nejvíce se projevuje vliv jemnosti přízí, dostava a vazba textilie. Tyto metody predikce jsou velmi zjednodušující a nepřesné a platí vždy jen pro omezený okruh materiálů, které mají podobné parametry. [8]

Havrdová navrhla model prodyšnosti, který lze použít pro všechny druhy tkanin. Je založen na poznatku, že dvě tkaniny se stejnou dostavou a různou vazbou mají různé prodyšnosti. Např. keprová vazba má vyšší prodyšnost než plátňová či atlasová. Ty nejsou ovlivněny mírou provázanosti vazby, ale rozmístěním vazných bodů od sebe. Pro popis struktury navrhla parametr struktury, který zahrnuje nejen porozitu, ale také stupeň provázání vazby a vzájemné uspořádání různých typů pórů ve střídě vazby. [8]

Nové modely odhadu a měření prodyšnosti se nezabývají strukturními parametry textilie. Optické metody měření prodyšnosti jsou založené na poznatku, že čím vyšší je světelná propustnost (transmise) textilie, tím vyšší je její prodyšnost. Transmisi lze sledovat spektrofotometrem. Dalším možným zařízením ke zjišťování prodyšnosti je konfokální mikroskop ke sledování 3D profilu vazby. [9]

1.3. Způsoby hodnocení termofyziologického komfortu textilií

Existuje mnoho metod k hodnocení termofyziologického komfortu. Některé přístroje dokážou změřit tepelný a výparný odpor za podmínek blízkých režimu lidského těla, některé pouze jako fyzikální děj bez vlivu dalších podmínek. Měření, která zohledňují procesy v systému pokožka-oděv-prostředí, jsou věrnější.

Zde jsou stručné charakteristiky metod k měření vlastností termofyziologického komfortu [1].

1.3.1. Gravimetrická metoda

Jedná se o zjišťování relativní paropropustnosti podle normy ČSN 80 0855. Zkouška probíhá v klimatizační skříni, která udržuje teplotu na 20 ± 2 °C, relativní

vlhkost na $60 \pm 2 \%$ a maximální rychlost proudění vzduchu na 0,2 m/s. Kruhový vzorek o daném průměru se upevní na misku se silikagelem, vysoušedlem, které na spodní straně vzorku zajišťuje nulovou relativní vlhkost. Miska se vzorkem se zváží před expozicí G_0 a po 6 hodinové expozici G_1 . Výsledná relativní paropropustnost se poté vypočte podle vzorce (4):

$$P_{\text{rel}} = (G_1 - G_0) / G_0 \quad (4)$$

Tato metoda však již nevyhovuje současným požadavkům. Kvůli zdlouhavosti a nepřesnosti způsobené nelineární sorpcí vysoušedla, se od metody upouští.

1.3.2. Metoda DREO

K měření touto metodou se používá tzv. Farnworthova difuzimetru. Vzorek se upevní mezi dvě polopropustné vrstvy. Pod spodní vrstvou je voda a horní je vystavena proudu vzduchu o rychlosti 1 m/s po dobu 15 min. Úbytek vody v misce je zjišťován pomocí stupnice na skleněné kapiláře. Od této metody je také upouštěno.

1.3.3. Potící torzo

Jedná se o jednu z novějších metod, která dokáže hodnotit termofyziologický komfort za podmínek blízkých režimu lidského těla. Toto testovací zařízení má tvar válce o rozměrech trupu lidského těla. Jednotlivé vrstvy napodobující vrstvy lidského těla jsou vyrobeny z materiálů o podobné tepelné kapacitě a tepelné vodivosti. Torzo může být ještě naplněno vodou. Torzo je ohříváno na teplotu lidského těla, obsahuje 36 potních trysek a je vystaveno proudu vzduchu o rychlosti 2 m/s. Změny množství odpařené a kondenzované vody je zaznamenáno pomocí vah, na kterých torzo stojí. Vlastní měření trvá 4 hodiny v několika fázích, které napodobují různé zátěže lidského organismu. Vzorky jsou při tom umístěné na povrchu torza.

1.3.4. Tepelný manekýn

Podobně jako potící torzo, i tepelný manekýn napodobuje některé základní termofyziologické funkce lidského těla. Na rozdíl od torza, tepelný manekýn může být schopen i omezeného pohybu. Manekýn je rozdělen na 17 nezávislých segmentů. Pomocí počítače je na jednotlivých segmentech měřen příkon potřebný k udržení teploty povrchu na 33 °C. Z naměřených hodnot počítač vypočítá tepelný tok

probíhající mezi segmenty a okolím. Z tepelného toku lze vypočítat tepelný odpor dle rovnice (5):

$$R_{ct} = (t_s - t_E) / q \quad (5)$$

t_s – teplota pokožky, t_E – teplota okolí

Měření spočívá v tom, že nejprve je změřen tepelný odpor samotného manekýna, bez vlivu oděvu. V dalším kroku se změří odpor manekýna s požadovanou oděvní vrstvou. Rozdíl těchto dvou odporů se potom rovná odporu měřené oděvní vrstvy.

Tepelný manekýn nemusí sloužit jen k simulaci lidského těla při zkoumání komfortu oděvu. Byl využit např. v automobilovém průmyslu při výzkumu ke zlepšení klimatizací, kde pomocí něho byla zjišťována tepelná pohoda pasažérů v automobilu [10].

1.3.5. Potící se manekýn

Jedná se v podstatě o tepelného manekýna, který navíc umí simulovat i přenosy vlhkosti v systému pokožka-oděv-okolí. Pro svoji vysokou cenu a složitou obsluhu bývá využíván jen zřídka.

1.3.6. Bioklimatické komory

Bioklimatické komory umožňují hodnocení termofyziologického komfortu při různých klimatických podmínkách. Zkoušky se provádí buď na tepelných manekýnech, nebo zkušebních osobách. Tyto komory mají regulovatelné vyhřívání stěn a přívod vzduchu o dané teplotě a vlhkosti.

1.3.7. Skin model

Základem přístroje, označovaném jako „model kůže“, je vyhřívaná a zavlhčovaná porézní destička. Takto jsou napodobovány přenosy tepla a hmoty probíhající u lidské pokožky. Měření může zahrnovat jak jeden, tak oba přenosy a může probíhat za stacionárních podmínek nebo za měnících se podmínek, které zahrnují rychlost proudění vzduchu, teploty a vlhkosti. Zjišťování termofyziologického komfortu v ustálených podmínkách je předmětem normy ISO 11092. [11]

1.3.7.1. Tepelný odpor podle ISO 11092

Vzorek se umístí na vyhřívanou destičku na teplotu 35 °C, která je obtékána paralelním proudem vzduchu o teplotě 20 °C a rychlosti 1 m/s. Po dosažení ustálených podmínek se měří tok tepla proudící vzorkem. Tepelná odolnost je stanovena tak, že tepelný odpor mezní vrstvy nad povrchem zařízení se odečte od odporu vzorku a vzduchové vrstvy. Tepelná odolnost je aritmetickým průměrem všech měření a je stanovena rovnicí (6):

$$R_{ct} = \frac{T_m - T_a}{H - \Delta H_c} - R_{ct0} \quad (6)$$

1.3.7.2. Výparný odpor podle ISO 11092

Na povrch měřicí jednotky je nutno připevnit celofánovou membránu propouštějící vodní páry ale nepropouštějící vodu. Destička je vyhřívána na teplotu 35 °C. Proudící vzduch o rychlosti 1 m/s má teplotu 35 °C. Celofánová membrána zajišťuje průchod vodní páry, čímž se zkoušený vzorek nedostane do kontaktu s vodou. Opar je přímo úměrný propustnosti textilie pro páru. V jeho důsledku se snižuje teplota desky. Tudíž tepelný příkon, který má zajišťovat stálou teplotu je mírou propustnosti textilie pro páru. Výparný odpor se zjistí jako aritmetický průměr výparných odporů vypočítaných podle rovnice (7):

$$R_{et} = \frac{(p_m - p_a)A}{H - \Delta H_e} \quad (7)$$

Nevýhodou skin modelu je vysoká tepelná setrvačnost zařízení, která velmi prodlužuje dobu měření až na hodinu a může mít za následek zkreslení výsledků.

1.3.8. Permetest

Přístroj Permetest je ve své podstatě skin model malých rozměrů, není však tolik nákladný a měření trvá až 10x kratší dobu. Tento poloautomatický přístroj slouží k určení tepelného a výparného odporu textilií a relativní propustnosti textilií pro vodní páru, případně sledování dynamiky přenosových jevů.

Podstata zkoušky spočívá v měření tepelného toku proudícího modelem lidské pokožky, který je porézní a zavlhčován, čímž se simuluje pocení. Vzorek je položen na povrchu přes separační fólii a je ofukován. Při měření výparného odporu a paropropustnosti je měřicí hlavice udržována na teplotě okolního vzduchu 20-23 °C.

Výparný tepelný tok snímáný při měření je přímo úměrný paropropustnosti a nepřímo úměrný výparnému odporu. Vždy je nutno provést nejprve měření bez vzorku a poté se vzorkem. Při měření tepelného odporu je měřicí hlavice suchá a udržuje se na teplotě o 10-20 °C vyšší, než je teplota okolního vzduchu. Přístroj měří tepelný tok odváděný konvekcí do okolního vzduchu [12].

1.3.8.1. Relativní paropropustnost

Relativní propustnost pro vodní páry je nenormalizovaný parametr. 100% paropropustnost představuje tepelný tok odparu z volné vodní hladiny o průměru, jako má měřený vzorek. Překrytím hladiny vzorkem se tepelný tok sníží. Paropropustnost se potom zjistí podle vztahu (8):

$$P_{rel} = 100 \left(\frac{q_v}{q_0} \right) \quad (8)$$

1.3.8.2. Výparný odpor

Z relativní vlhkosti vzduchu a jeho teploty je určen parciální tlak vodní páry ve vzduchu. Parciální tlak nasycené páry je funkcí teploty vzduchu. Výparný odpor se zjistí podle vztahu (9):

$$R_{et} = (P_m - P_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad (9)$$

1.3.8.3. Tepelný odpor

Tepelný odpor je odporem proti prostupu tepla vzorkem při teplotě T_m jedné jeho strany a při přenosu tepla konvekcí z jeho druhé strany do vzduchu o teplotě T_a . Tepelný odpor vnější mezní vrstvy se odečítá. Platí následující vzorec (10):

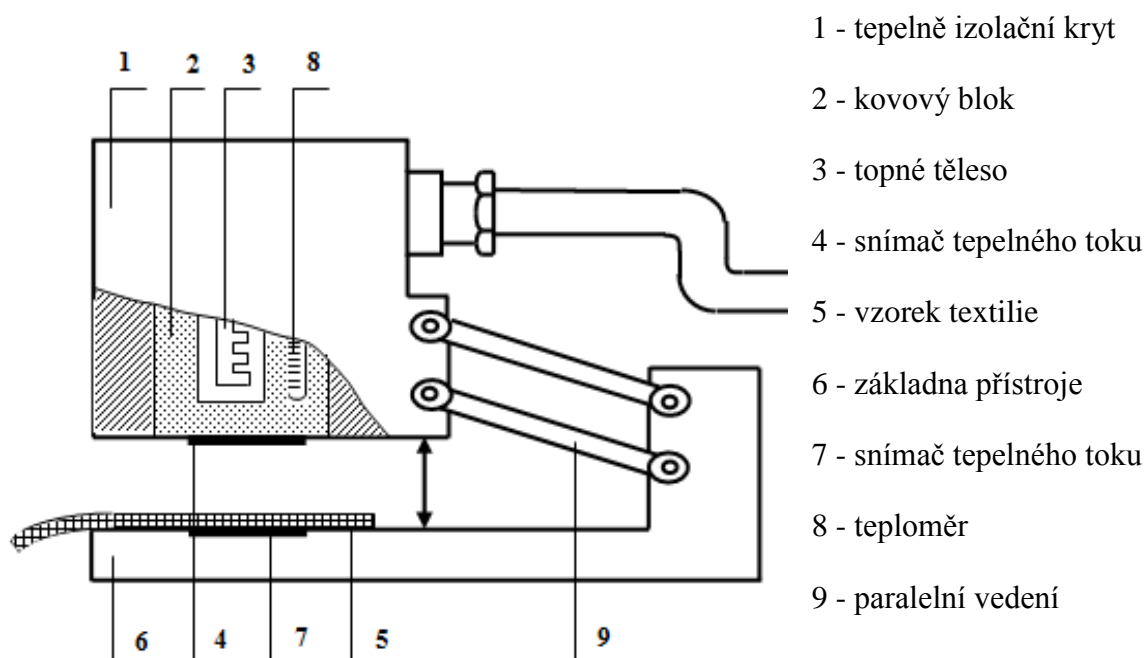
$$R_{ct} = (T_m - T_a) (q_v^{-1} - q_0^{-1}) \quad (10)$$

Tato metoda zjišťování tepelného odporu vyhovuje normě ISO 11092, nicméně je nepřesná, protože odečítá tepelný odpor pro hladký měřicí povrch, ale povrch skutečné textilie je drsný.

1.3.9. Alambeta

Alambeta je poloautomatický přístroj, který je kromě měření některých termofyzikálních parametrů textilií schopen i jejich statistického vyhodnocení. Přístroj simuluje reálné podmínky tím, že měřicí hlavice je zahřátá na průměrnou teplotu lidské

pokožky 32 °C, zatímco vzorek je udržován na teplotě 22 °C. Schéma přístroje je na obr. 2.



Obr. 2: Schéma přístroje Alambeta dle [2]

Jakmile je měření zahájeno, měřící hlavice poklesne na vzorek a je měřen probíhající tepelný tok. Mezitím fotoelektrický senzor měří tloušťku vzorku. V jedné měřící operaci, která trvá maximálně několik minut, jsou změřeny všechny následující parametry [13]:

1.3.9.1. Tloušťka materiálu

Tloušťka materiálu h je snímána fotoelektrickým senzorem během měřícího procesu.

1.3.9.2. Měrná tepelná vodivost

Měrná tepelná vodivost λ je rovna množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K. Tento parametr s rostoucí teplotou klesá. Hodnota udávaná přístrojem se musí vydělit 10^3 .

1.3.9.3. Plošný odpor vedení tepla

Hodnotu tepelného odporu z přístroje Alambeta je nutno vydělit 10^3 . Platí, že čím nižší je tepelná vodivost, tím vyšší je tepelný odpor dle (11):

$$R_{ct} = \frac{h}{\lambda} \quad (11)$$

1.3.9.4. Tepelný tok

Tepelný tok je množství tepla, které se šíří z hlavy přístroje o teplotě t_2 do textilie za jednotku času t_1 . Pro krátkodobou dobu kontaktu platí (12)

$$q = b \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi \cdot \tau}} \quad (12)$$

1.3.9.5. Měrná teplotní vodivost

Čím je hodnota měrné teplotní vodivosti a vyšší, tím rychleji textilie vyrovnává teplotní rozdíly při nestacionárním procesu. Platí, že (13):

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (13)$$

1.3.9.6. Měrná tepelná kapacita

Tato veličina představuje množství tepla potřebného k ohřátí 1 kg textilie Q o 1 K. Čím je vyšší teplota t , tím je vyšší. Platí (14):

$$c = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (14)$$

1.3.9.7. Poměr maximálního a ustáleného tepelného toku

Pro poměr maximálního a ustáleného tepelného toku platí vztah (15):

$$p = \frac{q_{max}}{q_s} [1] \quad (15)$$

1.3.9.8. Tepelná jímavost

Tento parametr charakterizuje tepelný omak textilií. Tepelná jímavost je rovna množství tepla, které proteče jednotkou plochy za jednotku času při rozdílu teplot 1 K. Platí vztah (16):

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c} \quad (16)$$

Čím vyšší je hodnota tepelné jímavosti, tím chladnější je textilie na omak. Hodnoty tepelných jímavostí u suchých textilií se běžně pohybují od 20 do 300 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$. Ve vlhkém stavu jsou však naměřené hodnoty u běžných textilií vyšší než 750 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$. Maximální hodnota, které lze dosáhnout u textilií pokrytých souvislou vrstvou vody je 1600 $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}$. Výhodou měření tepelné jímavosti vlhkých textilií pomocí přístroje Alambeta je, že měření trvá velmi krátkou dobu, tudíž výsledky nemohou být zkresleny odparem vlhkosti ze vzorku. [1]

Nižších hodnot je dosaženo u materiálů s vlasem, vyšších u hladkých povrchů. Tepelnou jímavost tedy lze ovlivnit vhodnou finální úpravou. Nezáleží však jen na struktuře materiálu, ale také na jeho složení. Vlákna s vyšší rovnovážnou vlhkostí vykazují chladnější omak.

1.3.10. FX 3300

FX 3300 na obr. 3 je elektronický přístroj určený pro měření prodyšnosti textilií. Byl vytvořen švýcarskou firmou TEXTTEST AG. Princip měření spočívá ve vytvoření zvoleného tlakového spádu mezi lícem a rubem textilie a následného měření průtoku vzduchu vyjádřeného v $\text{l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ nebo v $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Tato metoda měření je nedestrukční, není proto třeba stříhání vzorků. Měření se provádí na ploše 5 nebo 20 cm^2 .



Obr. 3: FX 3300 model LabAir IV dle [14]

1.4.Sorpční vlastnosti vláken

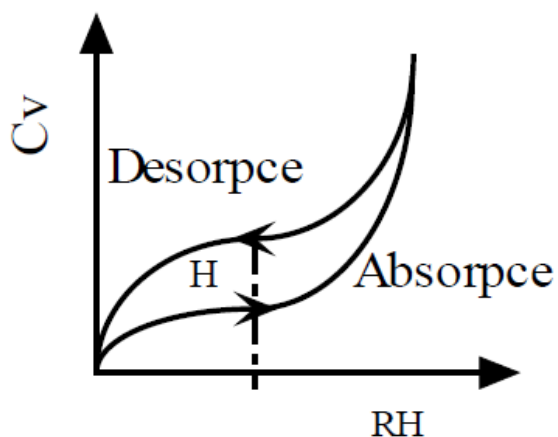
1.4.1. Sorpční procesy

Sorpční vlastnosti vláken ovlivňují chování vláken při styku s molekulami nebo částicemi látek, vyskytujících se v okolním prostředí. Uplatňují se tedy prakticky nepřetržitě. Částice (penetranty) mohou být přitahovány nebo odpuzovány v závislosti na elektrostatickém náboji nebo chemických potenciálech částice a vlákna. K častým interakcím dochází i díky náhodnému Brownovu pohybu částic s povrchem vlákna, kde se tvoří vazby přes vodíkové můstky a van der Waalsovy síly. Tyto interakce se realizují následujícími procesy [15]:

- **Difúze** prostředím – penetranty se šíří vodou nebo vzduchem k vláknu.
- **Adsorpce** - penetrant se usazuje na povrchu vlákna fyzikálně nebo chemicky na konkrétním vazném místě. Jedná se např. o usazování prachu na povrchu vlákna.
- Difúze hmotou vlákna (**absorpce**) – penetrant je transportován do vlákna a může dojít k vytvoření vazby s vláknem na specifickém místě. Tento proces se uplatňuje při barvení nebo navlhání vláken.
- **Desorpce** – molekuly penetrantu se uvolňují zpět do okolí, nebo jsou přeneseny na druhou stranu bariéry, jako např. u odstraňování potu.

Sorpční procesy se uplatňují v mnoha textilních oblastech. Pro komfort textilií je nejdůležitější sorpce vody a vodních par. Zde se neoddělitelně kombinuje proces adsorpce na povrchu vláken a absorpce hmotou vlákna. Tento kombinovaný jev výrazně závisí na fyziologických vlastnostech vláken, jako je složení vláken, stav jejich povrchu, velikost a tvar pórů nebo množství aktivních míst, sorpčních center, schopných vázat molekuly vody a jejich přístupnost. Vlákná porézní, schopná vázat a transportovat vodu se nazývají **hydrofilní**. Hydrofilní vlákna jsou veškerá přírodní vlákna a chemická vlákna, která obsahují hydrofilní skupiny. Opakem jsou **hydrofobní** vlákna, která jsou neporézní, které nejsou schopny tvořit vazby s molekulami vody. Povrch těchto vláken se nesmáčí, ale vlhkost se šíří kapilárními silami. Sorpce vody má mimo jiné význam svou vodivostí. Její přítomnost zvyšuje elektrickou i tepelnou vodivost vláken. [16]

Teplota, čas a koncentrace vlhkosti v okolí jsou také faktory, které ovlivňují absorpci. Závislosti absorpce na těchto faktorech jsou sledovány graficky konstrukcí **sorpčních izoterem**. Typická sorpční izoterma pro vodní páru je na obr. 4. Obsahuje údaje o rovnovážném množství vlhkosti ve vláknech v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu. Graf se dělí na dvě části. Absorpční izoterma obsahuje údaje o množství vlhkosti ve vláknech v závislosti na zvyšující se vlhkosti vzduchu, zatímco desorpční izoterma při snižující se vlhkosti ve vzduchu, tzn. při sušení.

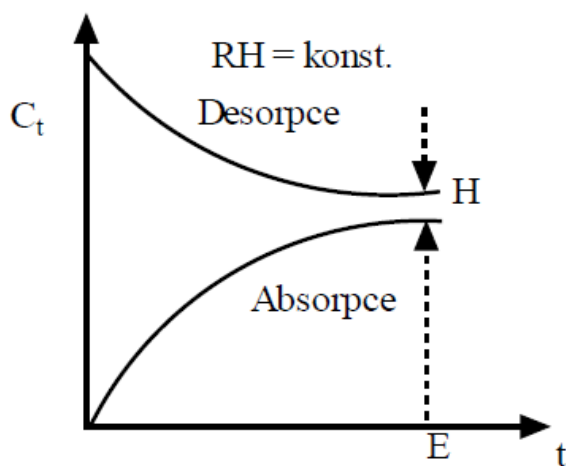


Obr. 4: Sorpční izoterma pro zvyšující se relativní vlhkost vzduchu dle [15]

Rovnovážné množství vlhkosti ve vlákne se počítá dle vztahu (17) dle [17]

$$\text{Obsah vlhkosti} = \frac{\text{Hmotnost absorbované vlhkosti}}{\text{Hmotnost ultra suchého vlákna}} \quad (17)$$

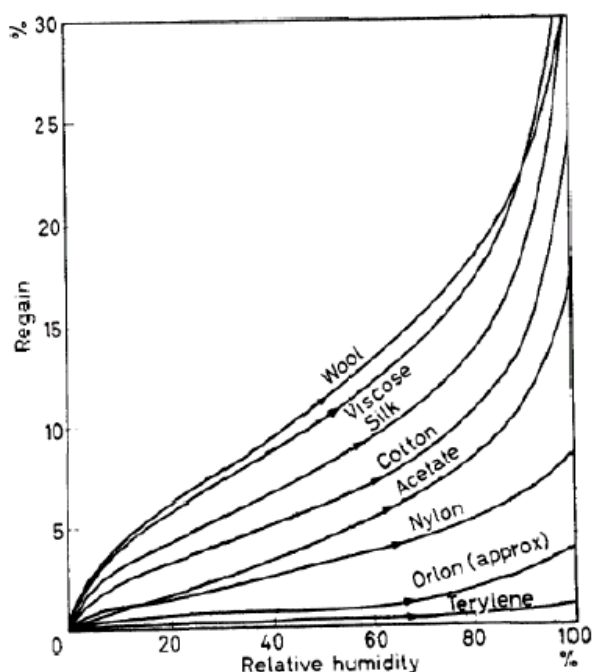
Další typ izoterm na obr. 5 se konstruuje ke sledování změn koncentrace vodních par ve vlákne při zvolené konstantní relativní vlhkosti vzduchu v závislosti na čase.



Obr. 5: Sorpční izoterma pro konstantní relativní vlhkost vzduchu dle [15]

U obr. 4 a 5 je vyznačen rozdíl H mezi křivkami absorpce a desorpce. Jedná se o ***hysterezi***, která je rozdílem mezi obsahem vlhkosti ve vlákne během vysoušení oproti obsahu vlhkosti ve vlákne během vlhčení. Hystereze je důsledkem rozdílného počtu aktivních vazných míst během vlhčení, kdy jich je méně a během sušení, kdy jich je více. Z toho vyplývá, že hystereze je výraznější pro hydrofilní vlákna, zatímco u hydrofobních je zpravidla zanedbatelná. U hydrofobních vláken se může hystereze zvětšit, pokud mají určitý typ pórů. [15]

Molekuly vody se mohou vázat na molekuly vody již obsažené ve vlákne, nebo přímo na aktivní místa. Aktivními místy jsou hydrofilní skupiny nebo skupiny schopné vytvářet s vodou vodíkové můstky. Jsou to skupiny $-\text{OH}$, $-\text{NH}_3^+$, $-\text{COO}^-$, $-\text{NH}-$. Dostatek hydrofilních skupin obsahují celulózová i proteinová vlákna. Jejich přístupnost se liší, proto nesorbují vlhkost stejně. [18]



Obr. 6: Rovnovážné vlhkosti různých vláken v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu dle [16]

Schopnost různých vláken absorbovat vlhkost je vidět na obr. 6. Nejvíce hydrofilní vlákno je vlna, při 65% relativní vlhkosti vzduchu dosahuje 13-15 % vlhkosti. Následuje viskóza s 13 % a dále přírodní hedvábí 10 %, bavlna 7-8 %, acetát

6-6,5 %, polyamidy 4-4,5 %, polyakrylonitril 1-2,5 % a polyester 0,4 %. Při 100 % relativní vlhkosti vzduchu se rozdíly mezi vlákny ještě násobí. Vlna může obsahovat i přes 30 % vlhkosti, zatímco hydrofobní polyester nedosáhne ani 1 % vlhkosti. [19]

Při 100 % relativní vlhkosti vzduchu obsahují jednotlivé druhy vláken maximální množství vlhkosti z vodní páry, které jsou schopny absorbovat hmotou vlákna. Vyšších procent vlhkosti je možné dosáhnout smáčením vodou. Při smáčení se kombinuje sorpce hmotou vlákna s vázáním vody kapilárními silami, přičemž množství vody vázané kapilárně je značně vyšší. Různé typy vláken a různé struktury jsou schopny zadržovat rozdílné maximální procento vody ve své struktuře. Jedná se o vodu, kterou nelze ze struktury odstředit nebo odkapat. Schopnost textilie zadržovat vodu se liší podle typu textilie, tzn. nejvyšší je pro neorientované netkané vlákenné vrstvy. Nejvyšší retenční (zadržovací) schopnost má viskóza, která je schopná udržet i více než 100 % vlhkosti. Další hydrofilní vlákna jako vlna, bavlna a hedvábí mohou mít kolem 50 % vlhkosti. Hydrofobní polyamidová nebo skleněná netkaná textilie je pak schopna obsahovat pouze okolo 15 % vlhkosti. Retenční schopnost vlákenných vrstev se testuje pomocí odstředování mokrých vzorků. Druhým způsobem testování je pomocí hydrostatického tlaku. Při tomto způsobu testování dosahuje vlna až 130 % zadržované vody. [15, 17]

1.4.2. Tepelné jevy při sorpci vody

Sorpce vody je procesem exotermním. Při přeměně vodní páry na kapalnou na povrchu vláken dochází k uvolnění latentního tepla. Kondenzovaná voda je pak z části absorbována vláknem a z části zůstává na povrchu a transportuje se kapilárními silami. Míra absorpce vlákny závisí na relativní vlhkosti vzduchu. Absorbovaná vlhkost pak u hydrofilních vláken vyhledá přístupné amorfní oblasti a vytváří s nimi sekundární vazby. Díky tomu se amorfní oblasti více uspořádají a uvolněním ušetřené energie vzniká sorpční teplo. Sorpční teplo má dva druhy. Prvním je diferenciální sorpční teplo. Je to teplo uvolněné sorpcí 1g vody při zvolené relativní vlhkosti vzduchu, tzn. čím je na počátku sorpce vlákno sušší, tím je jeho hodnota vyšší. Druhým je integrální sorpční teplo (smáčecí), které vzniká úplným nasycením 1g vláken při dané relativní vlhkosti vzduchu, tzn. zvyšuje se se schopností vláken vázat vodu. Nejvyšších hodnot diferenciálního i integrálního sorpčního tepla dosahují vlněná a viskózová vlákna. [15]

1.4.3. Bobtnání vláken

Vlivem sorpce vody dochází u hydrofilních vláken k tvorbě vodíkových můstků mezi molekulami vody v amorfních oblastech. Tím se mění rozměry vláken a nastává **bobtnání**. Při bobtnání dochází ke změnám všech rozměrů, tj. průměru, délky a objemu. Nejvýraznější je bobtnání příčné.

Objemové bobtnání lze určit podle vzorce (18) :

$$S_V = \frac{\rho_S}{\rho_M} (1 + m) - 1 \quad (18)$$

ρ_M - měrná hmotnost mokrého vlákna, ρ_S - měrná hmotnost suchého vlákna,
 m - množství absorbované vody

Nejvýraznější příčné bobtnání nastává u viskózových vláken 60-130 %. Výrazné je i u ostatních hydrofilních vláken. Zatímco bobtnání podélné je velmi malé tzn. bobtnání je anizotropní jev. [15]

1.5. Finální úpravy textilií

Finálními úpravami jsou součástí zušlechťovacích operací. Nazývají se tak veškeré operace, které následují za barvením textilií a uzavírají celý výrobní proces textilie. Jsou velmi důležitým procesem, neboť výrazně zvyšují hodnotu textilního produktu. Finálními úpravami je zajišťováno vlastností textilie, a to nejen vzhledových, ale i funkčních, které vždy souvisí s požadavky na textilií odpovídající účelu jejího použití. Požadavky na textilie se mohou týkat rozměru a jeho stability, váhy, vzhledu, omaku a funkčních vlastností jako jsou odolnosti vůči zmačkání, ohni, vodě, špíně nebo bakteriím. Požadované vlastnosti textilií se dále liší ve stálosti úpravy. Od nemačkávané úpravy košilového materiálu je požadována mnohem větší stálost v praní než od nehořlavé úpravy na divadelním závěsu. Některé úpravy slouží k usnadnění dalšího zpracování či údržby, např. snaží se zajistit hladký průchod jehly při šití a eliminovat tak nežádoucí zlomení jehly nebo přetrh nitě. Finální úpravy textilií, jako součást zušlechťovacího procesu, musí být v souladu s ostatními provedenými úpravami. Nesprávně sladěné úpravy se mohou navzájem negativně ovlivňovat. Např. některé úpravy mohou měnit barevný odstín textilie. [19]

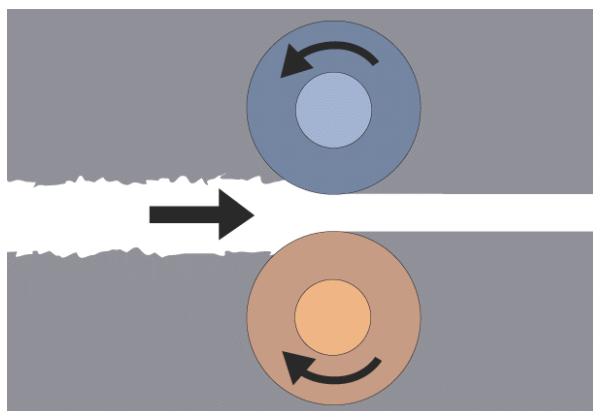
Podle účinku prováděné úpravy se rozlišuje několik skupin finálních úprav, a to omakové, vzhledové, stabilizační a ochranné. Podle druhu použité úpravy se rozlišují finální úpravy chemické a mechanické. Tato práce je dále zaměřena na mechanické úpravy.

1.5.1. Mechanické finální úpravy

Mechanické finální úpravy většinou souvisí s povrchem textilií. Pomocí mechanických úprav se mění povrch textilie. Může se jednat o snahu vytvořit hladký povrch nebo povrch vlasový. V obou těchto případech dochází i ke změně vnímání barvy následkem změny odrazu světla. Mezi mechanické finální úpravy se řadí úpravy vzhledové, tj. především kalandrování, postřihování, česání aj. Dále sem lze zařadit tzv. kompresivní srážení patřící mezi úpravy stabilizačního charakteru. [19, 20] Vzhledem k tomu, že se jedná o úpravu používanou především pro tkaniny z celulózových vláken, nebude dále podrobněji rozebírána a práce bude věnována pouze vzhledovým mechanickým úpravám dle [21].

1.5.1.1. Kalandrování

Hlavním znakem kalandrování je průchod plošné textilie mezi minimálně dvěma válci, a to v plné šíři. Na textilií je působeno tlakem a teplem a za těchto podmínek se zplošťuje kruhový průřez nití a vyplňuje prostory mezi vlákny. Povrch textilie se stává hladší a nemá tolik vyčnívajících vláken jako na obr. 7. Dále lze pomocí kalandrování docílit různých efektů lesku, hladkosti a jemnějšího nebo tvrdšího omaku. Různých efektů je docíleno různým počtem kalandrovacích válců a jejich uspořádáním a různými typy válců. Válce mohou být shodné nebo s různým povrchem, ocelové nebo potažené bavlnou nebo papírem. Kovové válce mohou být vyhřívané pro zvýšení efektu. Pro dosažení co nejvyššího lesku prochází textilie pod vyhřívaným válcem, který má mnohem vyšší rychlost otáčení než procházející textilie. Třením válce o textilií je dosaženo vysokého lesku. Pro dosažení ještě vyšší hladkosti a lesku může být na textilií před kalandrováním aplikována další úprava v podobě škrobového roztoku. Pomocí kalandru lze také do povrchu textilie vytlačit požadovaný vzor. Pro dosažení stálosti v praní u tohoto vzorku je však zapotřebí použít další úpravu. [19, 21, 26]



Obr. 7: Základní princip technologie kalandrování dle [22]

Dalším příkladem vhodného využití kalandrování v textilním odvětví je pro pojení netkaných vláknenných vrstev. [23] Samotná technologie kalandrování ale není čistě textilní záležitostí. Používá se také v papírenském průmyslu. Papír upravený vyhříváním kalandrem získá hladší povrch a je mnohem vhodnější na psaní. [24] Proces kalandrování lze nalézt i v plastikařském nebo gumárenském průmyslu. Soustava kalandrovacích válců je používána k výrobě fólií. Tento proces je nazýván válcováním. Na začátku procesu je roztavený polymer, který prochází kalandrem a tato vrstva je postupně ztenčována. Po dosažení požadované tloušťky prochází studenými válci a výsledná folie je navinuta na válec. Výsledným produktem můžou být např. podlahoviny. Vyválcovaná folie může být při použití dalšího kalandru vzápětí použita pro nanesení na další podložku. Podložkou, se kterou je folie slisována, může být tkaná i netkaná textilie či papír a výstupem jsou koženky či podlahoviny. V gumárenství se obdobně vtírá kaučuková směs do struktury textilie za podmínky, že obvodová rychlost válce je vyšší než rychlost průchozí textilie. [25]

Výsledný efekt dosažený kalandrováním textilie je ovlivněn celou řadou faktorů, které lze upravovat [21]:

- Počet kalandrovacích pasáží
- Počet kalandrovacích válců
- Velikost tlaku mezi válci
- Druh válců, jejich uspořádání, průměr a teplota

- Rychlost, vlhkost a napětí procházející textilie

Kalandrovací válce jsou nejdůležitější součástí celého systému. Bývá jich od 2 do 7 a dělí se na válce měkké a tvrdé na obr. 8 [21]:

- ***Měkké válce***

Mají průměr 400-700 mm. Jedná se o kovové jádro potažené bavlnou, jutou, papírem nebo plastickou hmotou. Potahy z plastické hmoty lze použít pouze do teplot 80-100 °C, ale jejich výhodou je větší odolnost vůči deformaci.

- ***Tvrdé válce***

Mají průměr 150-250 mm. Jedná se o litinové nebo ocelové válce s lesklým chromovaným povrchem. Často bývají duté a vyhřívané.

Uložení měkkého a tvrdého kalandrovacího válce na kalandrovacím stroji je na obr. 8.



Obr. 8: Uložení tvrdého a měkkého válce kalandrovacího stroje dle [25]

Podle použití se kalandrovací stroje dělí na mokré a similimercerační kalandry, suché kalandry a speciální kalandrovací stroje [21]:

- ***Mokré (vodní) kalandry***

Odvodňují textilní produkt před sušením. Bývají dvou až tří válcové, uložené vertikálně. Jeden válec bývá vyhříváný tvrdý a ostatní měkké.

- ***Similimercerační kalandry***

Jsou variantou mokrých kalandrů. Slouží k vytvoření lesklého efektu podobného merceraci hydroxidem sodným u bavlněných tkanin. Kvůli nižší ceně se používá u levnějšího zboží. Skládá se ze čtyř válců, z nichž střídavě dva jsou kovové a vyhříváné na teplotu 200-300 °C a dva jsou měkké bavlněné. Princip úpravy spočívá v rychlém nabobtnání bavlněných vláken při styku s horkým válcem, který spolu s působením tlaku mezi válci způsobí strukturální změny ve vláknech.

- ***Suché kalandry***

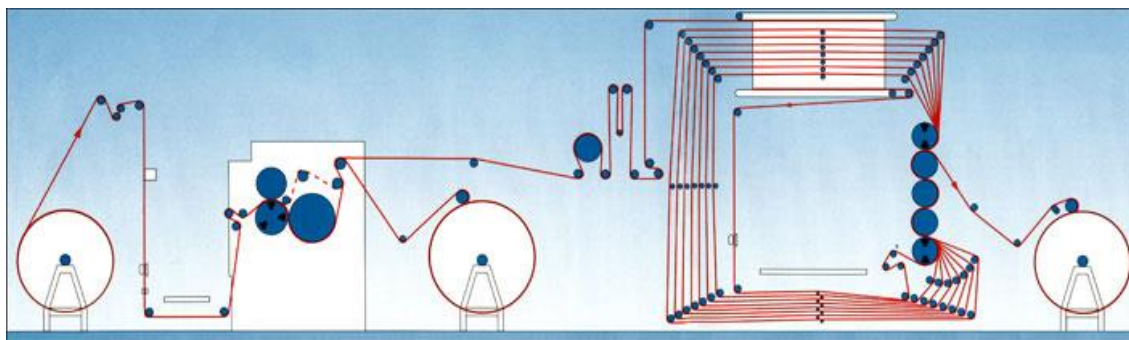
Upravovaná textilie je před kalandrováním propařována nebo vlhčena, ale kalandrována je v suchém stavu. Rozlišuje se několik základních typů podle docílených efektů.

Valivými kalandry se zvyšuje lesk a zajišťuje plnější omak. Jejich princip spočívá v uložení několika měkkých a tvrdých válců ve vertikální poloze. Pohon přiváděn na kovový válec je přenášen valivým třením na ostatní válce a zároveň způsobuje lesk na tkanině. Díky různým možnostem způsobu vedení mezi měkkými a tvrdými válci, teplotě a přitlaku kovového válce, lze dosáhnout různých intenzit lesku a plnosti omaku.

Matovací kalandry slouží k dosažení matného lesku, protože zachovávají kruhový průřez příze a tkanina nepřichází do přímého styku s vyhříváním válcem.

Frikční (třecí) kalandrovací stroje zajišťují vysoký lesk tkanin. Ten způsobuje tření díky rozdílné obvodové rychlosti elastického a kovového válce vyhříváného na 150 – 200°C. [20]

Vrstvící kalandry pracují s vrstvicím zařízením, zvaným **chasing**. To nese na svém rámu vodící válečky, které navádí textilií mezi kalandrovací válce až v 15 vrstvách na obr. 9.

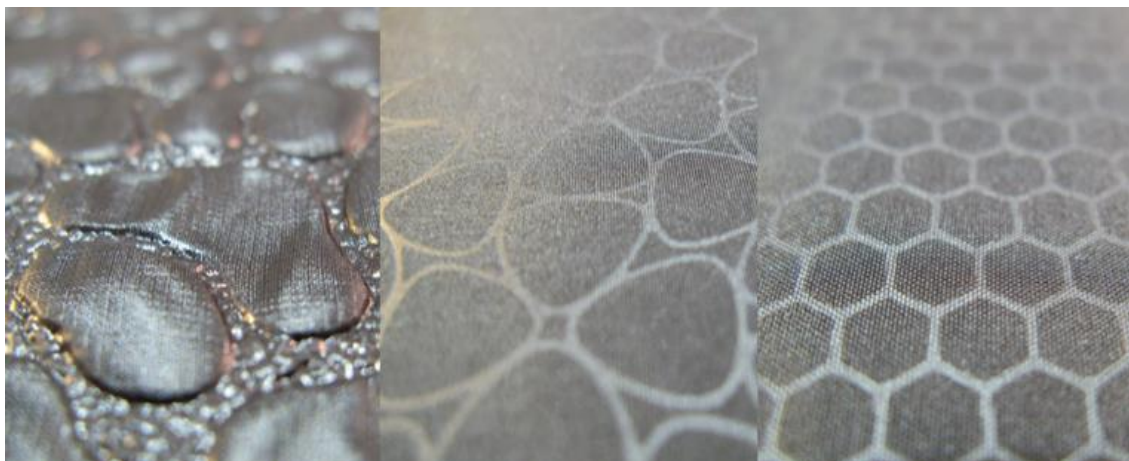


Obr. 9: Vrstvící kalandrovací stroj dle [26]

- **Speciální kalandrovací stroje**

Speciální kalandrovací stroje slouží k tzv. **embosování**. Používají tvrdé razicí válce s pozitivně a negativně vrytým vzorem k získání tohoto vzoru na upraveném hedvábnickém nebo bavlnářském zboží. Textilie z přírodních vláken se upravují při teplotě razicího válce 60-120 °C. Tato úprava však není odolná vůči praní. Větší trvanlivost má úprava použitá u termoplastických syntetických vláken při použití potřebné teploty, nebo při naklocování materiálu termoplastickou hmotou. Ta je při použití teploty razicího válce 140-200 °C vytvrzena. Nutná je následná kondenzace v kondenzační peci. [21, 27]

Podle druhu dosaženého vzoru se rozlišují **gaufrovací** kalandry napodobující efekty dosažené vazebně na tkaninách jako je damašek apod., **moarovací** kalandry napodobující strukturu dřeva a **silkovací** stroje pro tzv. Schreinerovu úpravu získávající hedvábný lesk díky vytlačování jemných rýh. Těmito metodami lze získat velké množství nejrozličnějších módních efektů a vzorů textilií viz obr. 10.



Obr. 10: Embosované vzory na módních polyesterových tkaninách dle [28]

1.5.1.2. Mandlování

Mandlování je používáno pro dosažení plného a jemného omaku u tkanin z lýkových vláken. Upravované zboží je vystaveno tlaku mezi válci ve více vrstvách. Průřez přízi se touto úpravou, na rozdíl od kalandrování, úplně nestlačí.

1.5.1.3. Lisování

Lisováním se působí tlakem a vlhkem na tkaninu v plné šíři pomocí pevně uloženého vyhřívaného válce a pohyblivé vyhřívané pánve, mezi kterými prochází mírně napařená a napnutá tkanina. Dosahuje se tím lesku, hladkosti a urovnanosti povrchu vlněných tkanin díky dosažení určité polohy vláken. Trvanlivost úpravy je závislá na délce působení, velikosti působícího tlaku a teploty a co nejpomalejším ochlazování.

1.5.1.4. Dekatování

Dekatování je úprava vlnářských tkanin. Původně se používalo ke snížení lesku získaného díky lisování. Má však více účelů. Je to zvyšování lesku, vytvoření plného omaku, stabilizace rozměrů a zajišťování stálosti proti vlhku a vodním kapkám a to nejen u tkanin. Dekatované textilie v porovnání s textiliemi bez provedení této finální úpravy vykazují omak příjemnější pro lidskou pokožku, jsou hladší a chladnější. [29]

U vlněných tkanin dochází působením páry nebo horké vody a tlaku k chemickým změnám v keratinu obsaženém ve vlněných vláknech, čímž je vlákno

tvarováno. Nový tvar je nutné zafixovat ochlazením textilie. Vlhké teplo nesmí na vlněná vlákna působit příliš dlouho, jinak by došlo k zežloutnutí a lámavosti. U textilií ze syntetických vláken dochází k obdobnému efektu. Vyrovnává se tak vnitřní pnutí.

Principem dekatování je navinutí zboží na perforovaný dekatovací válec, který může být obtočen běhounem. Následuje průchod proudu horké vody u suchého dekatování nebo páry u mokrého dekatování skrz válec a navinuté zboží. Výsledný efekt a druh omaku vytvořeného dekatováním závisí na více faktorech:

- Průměr dekatovacího válce
- Povrchové vlastnosti běhounu
- Tvrdost navinování
- Vlastnosti páry
- Směr průchodu páry dekatovacího válce nebo do dekatovacího válce
- Chlazení zboží a odsávání páry

1.5.1.5. Česání

Účelem česání je získání vlasového povrchu. S tímto vlasovým povrchem se získá nejen vzhledová úprava, ale docílí se i vylepšení termoizolačních vlastností textilie a měkkého, plného omaku. Podle dosaženého efektu se rozlišuje česání česové, kterým se urovnává vlas do směru osnovy, a česání velurové, kterým jsou vyčesaná vlákna vztyčena kolmo k textilií. Česání spočívá v působení česacího stroje na tkaninu nebo pleteninu, které uvolní jeden konec vlákna, zatímco druhý konec zůstává pevně sevřen ve struktuře plošné textilie.

1.5.1.6. Tygrování

Tygrování je způsob pro získání bohatšího, vyššího a hustšího vlasu, než je česání. Slouží proto pro získání imitací kožešin a vlasových bytových textilií. Princip je značně odlišný od česání. Textilie je ohnuta přes ostrou hranu. V tomto místě z druhé strany se textilie dotýká česací váleček s tuhými, silnými a vysokými ocelovými hroty. Váleček se pohybuje podstatně rychleji, než je rychlost vedené textilie a zasahuje hluboko do její struktury, čímž drasticky vyčesává velké množství vláken. Tímto způsobem dochází k velkému snížení pevnosti textilie.

1.5.1.7. Broušení

Broušení může sloužit několika účelům. Prvním je zdrsnění povrchu textilie před lepením nebo nánosováním. Dále jím lze vyrobit levnou imitaci sametu nebo dytýnu. Z hlediska finálních operací je nejdůležitější poslední účel, což je vytvoření tzv. broskvového efektu textilií. Ten představuje velmi krátký, hustý a hladký vlas na povrchu textilie. Princip úpravy spočívá ve vedení zboží nad jedním až pěti rotujícími válečky. Válečky jsou potaženy smirkovým papírem a zboží s ním přichází do tečnovitého kontaktu. Tím se silnější vlákna štěpí na fibrily a vytvoří se krátký vlas. Šetrnější a modernější variantou ke klasickému broušení je použití systému kartáčů z polyamidového monofilu s obsahem syntetických diamantů nebo karbidů. [27, 30]

1.5.1.8. Ratinování

Ratinování je finální vzhledová úprava vlněných tkanin, které byly předem vyprané, valchované a s postřiženým krátkým vlasem. Získá se jím vlas upravený do jednoduchých vzorů. Tkanina je vedena mezi ratinovacím stolem a třecí deskou. Obě plochy na sebe dosedají a jsou potaženy drsným potahem. Třecí deska vykonává pohyb o velikosti 4-7 mm. Podle toho, jestli vykonává pohyb podélný, příčný, diagonální nebo kruhový, vznikne vlas urovnaný do tvaru podélných, příčných, diagonálních řádků anebo žmolků.

1.5.1.9. Postřihování

Účelem postřihování je zastříhnutí vlasu na textilií. Postřihovací stroje jsou tvořeny několika postřihovacími ústrojími. Ta fungují na principu nůžek, kde jeden břit je nahrazen pevným spodním rovným nožem a druhý rotačním nožovým válcem se spirálovými noži. Ke stříhu dochází v místě kontaktu spodního nože a rotačního válce. Aby se vlas těsně před oběma noži napřímil, je textilie vedena přes hranu pevného stolu a ohýbána pod místem stříhu.

1.5.1.10. Kombinace mechanických finálních úprav

V praxi mohou být některé finální úpravy prováděny kombinovaně. Snahou některých výrobců bývá spojování více úprav do jednoho pracovního cyklu, čímž se snižuje časová i finanční náročnost. Dobrým příkladem je kontinuální metoda pro kalandrování, dekatování a fixaci zboží během jednoho průchodu zařízením. Princip je podobný vylepšenému dekatování, při kterém je zajištěno, že upravovaná textilie přijde

z jedné strany do kontaktu s vyhřívaným tvrdým válcem. Díky tomu lze dosáhnout různých stupňů lesku a zároveň dosáhnout tvarové stálosti a plného omaku zboží. [31]

Dalším důvodem, proč jsou mechanické úpravy kombinovány, je směsování vláknenného materiálu. Kombinované úpravy jsou kompromisem při zušlechťování směsových tkanin. Například u vlnářských textilií s vysokým podílem syntetických vláken je třeba během kalandrování ochlazovat textilií vodou pro zamezení měknutí polymeru a vzniku nechtěného lesku. Pokud je navíc přidán efekt dekatování, takováto úprava zvyšuje hodnotu tkanin tím, že dodává luxusnější omak a vzhled kvalitní vlnářské textilie i přes nízký podíl vlněných vláken a tím pádem nízkou cenu vláknenné suroviny. [32]

1.6. Současné poznatky o zkoumané problematice

Při zjišťování tepelně komfortních vlastností kalandrovaných vlnářských tkanin je třeba soustředit se na dva hlavní efekty, které tato problematika zahrnuje. Jedná se o vliv finálních úprav na komfortní vlastnosti textilií a vliv vlhkosti.

1.6.1. Vliv finálních úprav na komfort textilií

Plošné textilie jsou velmi složité vláknenné útvary. Na jejich vlastnosti má vliv mnoho faktorů na úrovni vláknenné suroviny, příze a konstrukce textilie. Jednotlivé vlastnosti textilií na těchto úrovních jsou dobře charakterizovány, jejich vzájemné vztahy popsány a dají se snadno predikovat. Tyto vztahy bývají stanoveny pro neupravené textilie, kde mají vlákna svoje přirozené vlastnosti. Skutečný stav je však mnohem komplikovanější. Na textilie je aplikováno mnoho zušlechťovacích procesů včetně finálních úprav. Ty mohou změnit veškeré vlastnosti textilie včetně jemnosti vláken, třecích vlastností, tloušťky a plošné hmotnosti, což by mělo za následek změnu dalších vlastností, které jsou na těchto faktorech závislé, včetně vlastností komfortních. Vzhledem k tomu, že jednotlivé faktory působí v textilií synergicky, je vliv změny jednoho z těchto faktorů na výslednou vlastnost textilie obtížně predikovatelný. Další komplikací ve zkoumání vlivu finálních úprav na vlastnosti textilií je obtížná kontrolovatelnost zušlechťovacího procesu, protože výsledné změny jsou velkou měrou závislé na použitých strojích a technologii. Zjišťování vlivu finálních úprav na určitou

vlastnost textilie by proto mělo být prováděno na vzorcích, které se materiálově i konstrukčně shodují a prošly shodným úpravnickým procesem, aby byl vyloučen vliv jiného faktoru na zkoumanou vlastnost. [33]

Vliv jednotlivých finálních úprav na další vlastnosti textilií, včetně komfortu, není dosud podrobně prozkoumán. Některé výzkumy však již byly provedeny. Studie provedená Čandovou a Wienerem je zaměřená na vliv zušlechťovacích úprav na bavlněné textilie. Sledovány byly změny na textiliích po aplikaci některých předúprav a finálních úprav. Bylo zjištěno, že zušlechťovací proces může zanechat na bavlněných textiliích hluboké změny. Ty jsou buď chemické povahy, kdy dochází ke změnám chemických skupin na povrchu vláken, což ovlivňuje zejména smáčivost nebo tření vláken. Takové změny má na svědomí zejména mercerování nebo vyvávka louhem sodným. Jiné změny, které nastaly, byly mechanické nebo strukturální povahy. Jedná se o srážení a relaxaci textilní struktury vlivem bobtnání vláken, které má vliv na plošnou hmotnost, porozitu a další parametry textilní struktury. [33]

Další průzkum byl proveden na vlněných tkaninách. Průdková zkoumala vliv různých druhů neplstivých úprav na tepelně komfortní vlastnosti vlněných tkanin za vlhka. Různé typy úprav měly odlišný vliv na vlněná vlákna, některé byly drastičtější než jiné. U všech však došlo k poškození šupinek na povrchu vláken. Tím vlněná vlákna ztratila svoji typickou vlastnost zůstávat na povrchu suchá, přestože v jádru vlákna je vysoké procento vlhkosti. Při zavlhčení se pak vzorky staly vodivějšími, snížil se jejich tepelný odpor a zvýšila tepelná jímavost. Došlo ke zhoršení tepelně izolačních vlastností, které má neupravená vlna na velmi vysoké úrovni. [34]

Vliv kalandrování na tepelně komfortní vlastnosti tkanin dosud podrobně prostudován nebyl. Vzhledem k tomu, že kalandrování zvyšuje zaplnění textilie, lze očekávat snížení prodyšnosti kalandrovaných tkanin. Kalandrování také zároveň může snížit tloušťku materiálu, který má vliv jak na prodyšnost, tak na tepelný odpor. Tepelný odpor kalandrovaných vzorků je pravděpodobně nižší, avšak efekt kalandrování na tepelnou jímavost nelze odhadnout. Záleží to na tom, zda se kalandrováním změní tepelná vodivost vzorků.

1.6.2. Vliv vlhkosti na komfort textilií

Při běžném nošení oděvů působí na komfort výše popsané přenosy tepla a vlhkosti. Dochází k pocení organismu nebo může uživatel zmoknout. Některé oděvy se používají při práci ve vlhkém prostředí nebo manipulaci s vodou a může dojít k polítní oděvu. V těchto situacích se uplatňují sorpční procesy popsané výše v teoretické části. To vše může ovlivnit komfortní vlastnosti. [6]

Smáčení textilií a měření parametrů termofyziologického komfortu za vlhka již bylo použito v několika studiích s velmi zajímavými výsledky. Měření za vlhka umožňuje simulovat různá procenta vlhkosti. Některá zavlhčení mohou být taková, že se v praxi téměř nevyskytují. Jejich pozorování však umožňuje komplexní pochopení interakcí mezi vlhkostí a pozorovaným materiálem a měřenou vlastností a teoretické stanovení závislostí. Díky těmto studiím už byly zjištěny některé dříve nepopsané efekty, jako např. v práci Průdkové, která zjišťovala tepelný odpor, vodivost a jímavost u vlněných vzorků s neplstivou úpravou. [34] Zjišťováním paropropustnosti vlhkých vzorků se zabýval Bursa. Navrhl normu pro zjišťování tohoto parametru. [35]

Některé studie již byly provedeny také pro prodyšnost textilií ve vlhkém stavu. Holemá měřila rozdíly prodyšnosti vzorků při expozici ve 40 % a 65 % relativní vlhkosti vzduchu. Prodyšnost bavlněného vzorku se s vyšší vlhkostí snížila v důsledku bobtnání bavlněných vláken. Prodyšnost polypropylenového vzorku zůstala nezměněná. Zajímavé bylo, že prodyšnost polyesterového vzorku s vyšší vlhkostí stoupla. [36]

Prodyšnost a paropropustnost za vlhka u bavlnářských textilií byly hodnoceny Čekonem. Bylo zjištěno, že vzorky s podílem polyesteru jsou za vlhka prodyšnější oproti čistě bavlněným vzorkům kvůli nízké sorpci vody polyesterovým vláknem. Při porovnání paropropustnosti a prodyšnosti byly zjištěny závislosti obou vlastností. Se snižující se vlhkostí klesá u bavlněných textilií prodyšnost a zároveň i paropropustnost. Obě vlastnosti měly lineární trend, proto by bylo možné použít je k vzájemné predikci. [37]

Tepelný komfort a tepelná jímavost jsou ovlivněny zvýšenou přítomností vlhkosti především prostřednictvím tepelné vodivosti. Ta nabývá pro polymery hodnot od 0,2 do 0,4 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$, pro textilní struktury je to od 0,033 do 0,01 $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Tyto

hodnoty jsou ovlivněny přítomností vzduchu ve struktuře, který má vodivost při 20 °C 0,026 W.m⁻¹K⁻¹. Při zavlhčení nahrazuje vlhkost vzduch obsažený ve struktuře. Proto se zvyšuje s procentem vlhkosti tepelná vodivost až na hodnotu tepelné vodivosti volné vodní plochy 0,6 W.m⁻¹K⁻¹. To následně ovlivňuje i tepelný odpor a tepelnou jímavost. [6]

Ve studii na bavlnářských textiliích, provedené Hesem a Loghin, byla ověřována platnost vztahu pro výpočet tepelné vodivosti vlhkých vzorků. Je definovaná jako vážený součet tepelné vodivosti textilie a tepelné vodivosti vody. Jako váha je jejich zastoupení vyjádřeno pomocí porosity (19) dle [6]:

$$\lambda_{\text{RES}} = \varepsilon \lambda_T + (1 - \varepsilon) \lambda_W \quad (19)$$

nebo dle (20)

$$\lambda_{\text{RES}} = (\lambda_T + U \lambda_W) / (1 + U) \quad (20)$$

kde: U - vlhkostní přivažek oproti suché textili [%], λ_T - tepelná vodivost suché textilie, λ_W – tepelná vodivost vody, ε - porosita

Tento vztah bylo možné použít cca do 130 % zavlhčení vzorků. Do tohoto zavlhčení vykazovaly vzorky lineární nárůst tepelné jímavosti. Přibližně od tohoto procenta, kdy se povrch zalije vodním filmem, přestává být nárůst lineární a vztah přestává platit. Tepelně komfortní vlastnosti, reprezentované tepelnou vodivostí nebo odporem, paropropustností a prodyšností, tedy u bavlnářských textilií vykazují při zavlhčování lineární změny způsobené nahrazováním vzduchu v pórech vodou. V této studii bylo také zjištěno, že tkaniny s vyšší hustotou dostavy mají nižší tepelnou vodivost. Je to důsledkem menšího množství nevázané vody v mezivazebních prostorech. [6]

Lze očekávat, že při měření tepelného odporu a tepelné jímavosti vlnářských tkanin za vlhka, bude docházet ke zhoršení těchto vlastností vlivem zvyšující se tepelné vodivosti. Ovčí vlna je známá tím, že je schopna udržet si dobrý tepelný odpor a omak i při vyšších stupních zavlhčení. Nelze však odhadnout, jaký efekt bude mít její podíl ve směrovém materiálu. Při měření prodyšnosti by mělo docházet ke zhoršení vlivem bobtnání vláken.

2. Experimentální část

2.1. Vzorky

Pro experimentální část byla vybrána skupina 11 vzorků. Vzorky byly poskytnuty tureckou firmou Yünsa z Istanbulu, která se zabývá výrobou vlnářských textilií, česaných přízí a potahových textilií. [38] Jedná se o lehké oblekové tkaniny vlnářského typu o složení 40 % polyester/40 % viskóza/20 % vlna. Výrobní postup je kromě finálních úprav pro všechny vzorky stejný, materiál i jemnost osnovních a útkových nití je též shodný. Jemnost přízí je 22 tex a mají zákrut S.

Odlišnost skupiny devíti vzorků spočívá v mírně rozdílné strojové útkové dostavě a rozdílném stupni kalandrování. Skupina obsahuje vždy tři vzorky o stejné dostavě, z nichž jeden je bez provedené úpravy kalandrování, označen jako *matný*, jeden je kalandrován s označením *lesklý* a třetí *velmi lesklý*. Celkem tedy jsou tři skupiny vzorků o třech stupních dostavy a třech stupních kalandrování. Kromě těchto devíti vzorků v plátnové vazbě skupina obsahuje dva vzorky v různé keprové vazbě. Vzhled tkanin je téměř shodný. Dají se od sebe na pohled rozlišit jen obtížně. Rozeznatelné jsou pouze keprové vzorky. Měření je prováděno na vzorcích o rozměrech 150x150 cm.

Vzorky s rozdílným stupněm kalandrování slouží k porovnání vlivu kalandrování na vybrané tepelně komfortní vlastnosti. Rozdílné dostavy vzorků slouží k určení vlivu změny počtu nití v dostavě na tyto vlastnosti. Vzorky s různou dostavou také slouží k potvrzení vlivu kalandrování na více skupinách vzorků. Keprové vzorky o různé vazbě mají demonstrovat vliv konstrukce na tepelný komfort uživatele.

V tab. 1 jsou údaje o vzorcích udávaných výrobcem. Ve sloupci konstrukce materiálu je údaj o vazbě tkaniny. Vzorky 1 – 9 jsou vzorky s plátnovou vazbou, vzorek 10 je tkán keprovou vazbou o střídě vazby 2 osnovní a 2 útkové nitě a vzorek 11 je tkán keprovou vazbou o střídě 2 osnovní a 1 útková nit. Sloupec strojová útková dostava udává počet útkových nití na 1 cm nastavených při seřízení tkacího stroje. Ve sloupci

stupeň kalandrování jsou vzorky rozdělené do skupin podle stupně kalandrování. Význam stupňů je popsán v kapitole 2.1.1. V posledním sloupci jsou označení vzorků v podobě, v jaké jsou použity v celé práci.

Tab. 1: Tabulka vzorků s informacemi udávanými výrobcem

Číslo vzorku	Konstrukce materiálu	Strojová útková dostava [počet nití/1cm]	Stupeň kalandrování	Název vzorku
1	plátno	26,5	matný	1 – matný 26,5
2	plátno	26,5	lesklý	2 – lesklý 26,5
3	plátno	26,5	velmi lesklý	3 – velmi lesklý 26,5
4	plátno	27,5	matný	4 – matný 27,5
5	plátno	27,5	lesklý	5 – lesklý 27,5
6	plátno	27,5	velmi lesklý	6 – velmi lesklý 27,5
7	plátno	28,5	matný	7 – matný 28,5
8	plátno	28,5	lesklý	8 – lesklý 28,5
9	plátno	28,5	velmi lesklý	9 – velmi lesklý 28,5
10	kepr 2/2	37	matný	10 – kepr2/2 37
11	kepr 2/1	32	matný	11 – kepr2/1 32

2.1.1. Finální úpravy vzorků

Textilie byly na konci výroby upraveny ve dvou fázích. Tzv. mokrá část procesu byla pro všechny skupiny vzorků shodná a dle výrobce nemá vliv na technické parametry tkanin. Tzv. suchá část spočívala v kalandrování vzorků, které se však pro každou skupinu lišilo. Popis finálních úprav vzorků poskytnutý výrobcem v originální podobě je uložen v Příloze 1.

2.1.1.1. Mokrý proces

V rámci společné části finálních úprav, tzv. mokrého procesu, byly provedeny tyto postupy:

- **Požehování** – slouží k odstranění vyčnívajících vláken, která se uvolnila během výroby. Dochází ke zvýraznění vazby a hladkosti povrchu. U syntetických vláken se jím snižuje žmolovitost. [39]

- **Praní** – má čistící a hygienickou funkci. [40]
- **Lavanova** – je kontinuální linka italské firmy CIMI S.P.A. zajišťující více operací v jednom procesu. Během jednoho průchodu plošné textile v jedné vrstvě a plné šíři je prováděno praní, dekatování a napařování. Proces slouží k fixaci vlněných i vlnařských směsových textilií. [41]
- **Stenter** – je zařízení firmy SWASTIK z Indie. Slouží k fixaci vlnařských textilií pomocí napínacího rámu. [42] Rozdíl mezi použitím Lavanovy a Stenteru spočívá v tom, že Lavanova slouží k fixaci vlněného podílu směsové textile a Stenter spíše syntetického podílu. [32]

2.1.1.2. Suchý proces

Tzv. suchá část procesů se liší. Dělí vzorky do tří skupin. Provedeny byly následující operace:

- **Kalandrování** - tkaniny byly vedeny mezi vyhřívaným válcem a nekonečným běhounem. Pro dosažení odlišného stupně kalandrování byly použity různé teploty vyhřívaného válce a různý tlak. Další rozdíl spočívá v tom, jestli se vyhřívaného válce dotýkala rubní nebo lící strana tkaniny a jaká byla rychlost vody stříkané na materiál během průchodu přes vyhřívaný válec. Podle toho, zda bylo kalandrování použito a při jakých podmínkách, jsou vzorky rozděleny do následujících skupin:

Matný efekt – kalandrování pro tyto vzorky nebylo použito.

Lesklý efekt – teplota vyhřívaného válce byla 120 °C, tlak vyhřívaného válce 3 MPa, rubní strana textile se dotýkala vyhřívaného válce a rychlost vodního proudu byla 20 m/min.

Velmi lesklý efekt - teplota vyhřívání válce byla 155 °C, tlak vyhřívání válce 9 MPa, lící strana textilie se dotýkala vyhřívání válce a rychlost vodního proudu byla 5 m/min.

- **Postřihování** – viz kapitola 1.5.1.9.
- **Fixace (kondenzace)** – je navinutí textilie společně se syntetickou textilií a napaření v parním kotli.

2.1.2. Materiálové složení

Pro získání přehledu o vlastnostech vzorků, jsou v následujících kapitolách stručně shrnuty základní charakteristiky jednotlivých vláknenných surovin.

2.1.2.1. Polyester [43]

- polyester je nejprodukovanější syntetické vlákno
- je produktem kondenzace a v hlavním řetězci má esterovou vazbu, klasickým polyesterem je polyethylénglykoltereftalát, který vzniká esterifikací kyseliny tereftalové ($\text{HOOC-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}$) a etylénglykolu ($\text{HO-(CH}_2\text{)}_2\text{-OH}$)
- má téměř nulovou navlhavost a tím pádem ani nebobtná a neprodukuje smáčecí teplo
- je dobře tepelně vodivý; konkrétní vodivost souvisí s mírou dloužení konkrétního vlákna, protože krystalická fáze je 6x vodivější než amorfni oblast [32]
- teplota zesklnění je 80 °C, teplota měknutí 230 °C a teplota tání 258 °C

2.1.2.2. Viskóza [44]

- viskóza je díky velmi nízké ceně nejprodukovanější vlákno z přírodních polymerů
- vyrábí se regenerací celulózy ($[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$) ze smrkového nebo bukového dřeva
- vlastnostmi se velmi podobá bavlně, ale její orientace je nižší

- viskózní vlákna mají typický laločnatý průřez a vysoký počet přístupných hydroxylových skupin, díky čemuž je vysoce navlhavá a bobtnavá a má vysokou retenci vody
- její struktura přechází směrem ke středu vlákna třemi fázemi; kutikula na povrchu (skin) je nejorientovanější, následuje 35 % hmoty vlákna (kora), pevná, ale pórovitá struktura s malými a dobře orientovanými krystalitami, poslední je 65 % hmoty vlákna (dřeň), kde jsou větší, ale méně orientované krystality s menší pevností a pórovitostí
- ve vodě a v alkáliích, včetně praní, vykazuje drastický pokles pevnosti
- vlákno se netaví, ale hoří; destrukce nastává při 174-190 °C; jinak má teplota podobný vliv, jako u bavlněných vláken; ta žloutnou při působení 120 °C po 5 hodinách a při 150 °C hnědnou

2.1.2.3. Ovčí vlna [15]

- ovčí vlna je tradiční živočišné vlákno složené ze stavební bílkoviny, **keratinu**, tedy svým složením podobné nehtům či vlasům
- primární struktura keratinu je ve formě polypeptidového řetězce z 18 různých aminokyselin ($H_2N-CHR-COOH$); všechny aminokyseliny mají společnou základní strukturu aminových a karbo-nylových skupin, ale jsou rozlišeny různými postranními řetězci, které ovlivňují různé vlastnosti [45]
- sekundární struktura keratinu zakrucuje primární řetězec do α -šroubovice (α -keratin), která je ve svém tvaru držena řadou vazeb; ty zajišťují základní mechanicko-fyzikální vlastnosti (pevnost, tažnost, atd.)
- vlněné vlákno se skládá ze dvou odlišných svazků, které se vzájemně obtácejí, parakortexu a ortokortexu, který je snáze deformovatelný; jejich podílem je určena míra zkadeření vlákna
- strukturu vlněného vlákna tvoří několik vrstev s různými vlastnostmi

- **medula** je dřeň vlákna obsahující vzduch a odumřelé buňky; vyskytuje se jen u hrubých vln
- **kortex** je jádro, převažující část vlasu; stavebním prvkem jsou polypeptidické řetězce stočené do protofibril a pospojované do mikrofibril a makrofibril, které jsou uloženy v pojivu
- povrchová vrstva vlasu se nazývá **kutikula**, která je složena z více vrstev; endokutiula je chemicky i mechanicky odolná část, exokutikula je hlavní část šupinek a nejvrchnější je epikutikula, která je vysoce hydrofobní, ale mechanicky málo odolná a chemicky inertní
- povrch kutikuly tvoří šindelovitě uspořádané šupinky, jejichž konce odstávají směrem ke špičce, díky jejich uspořádání obsahuje je v kutikule obsaženo hodně vzduchu a snižuje tím tepelnou vodivost vlákna
- pro vlněná vlákna je typická vysoká schopnost sorpce vody do jádra vlasu a příčné bobtnání se současně suchým omakem, za který vděčí hydrofobní části kůry, epikutikule
- při dlouhodobém působení teploty nad 100 °C ztrácí vlákno svoji pružnost, od 115 °C ztrácí vlákno chemicky vázanou vodu, kterou již nelze pojmout zpět, ničí se vodíkové můstky, při 160 °C vlna žloutne a hnědne, od 180 °C se uvolňuje sirovodík a amoniak [18]
- přítomnost vlhkosti prodlužuje dobu potřebnou k přehřátí materiálu, při stejných teplotách však vlhké teplo působí více škodlivě; varem vlna ubývá na hmotnosti a klesá pevnost vláken; maximální teplota zpracování ve vodě je 120 °C

2.1.2.4. Vlastnosti vláknenných podílů

Tab. 2 obsahuje vybrané vlastnosti jednotlivých vláknenných podílů obsažených ve vzorku. Údaje pro jednotlivá vlákna se mohou ve skutečnosti měnit v závislosti na konkrétním typu suroviny.

Velmi zjednodušeně lze uvažovat, že různé druhy vláken působí v textilií v míře dané jejich podílem. Výsledné vlastnosti textilie je pak možné vypočítat jako sumy podílů vlastností jednotlivých druhů vláken podle váhy dané jejich obsahem v textilií. Vypočítané odhadnuté hodnoty jsou uvedeny ve čtvrtém sloupci.

Tab. 2: Vlastnosti vlákenných podílů

	Polyester	Viskóza	Vlna	Odhad
Zkratka	PL	VI	WO	-
Podíl [% vzorku]	40	40	20	100
Měrná hmotnost [kg/m³]	1380	1520	1320	1424
Vlhkost při 65 % RH [% ultra suchého vlákna]	0,5	13	14	8
Vlhkost při 100 % RH [% ultra suchého vlákna]	1	35	33	21
Retence vody [% ultra suchého vlákna]	/	100	50	50
Tepelná vodivost [W m⁻¹K⁻¹10³]	140	60	54	91
Smáčecí teplo [kJ/g_{vlákna}]	5	105	114	67
Diferenciální sorpční teplo [kJ/g_{vody}]	/	1,17	1,3	1
Příčné bobtnání [% plochy příčného řezu]	/	60-130	25	29-57

Ve skutečnosti se vlastnosti ovlivňují mnohem složitěji, ale vypočítané odhady můžou posloužit pro lepší představu o vzorcích a pro porovnání s naměřenými hodnotami.

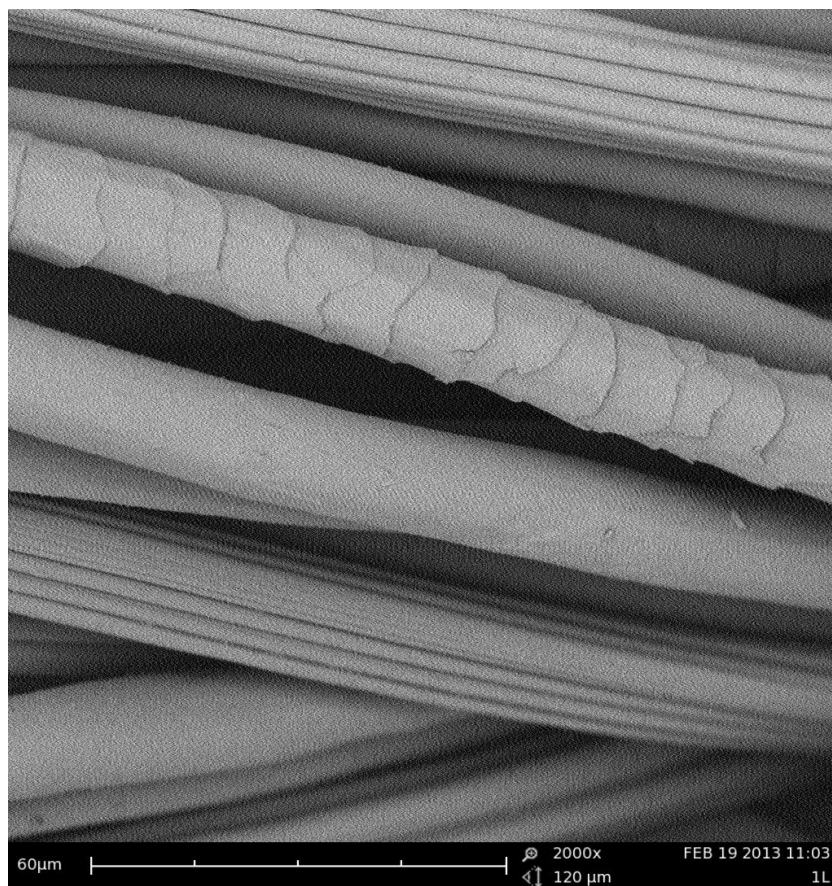
Ve složení vzorků je celých 40 % podíl polyesteru, který je hydrofobní. Stejný podíl má i naopak velmi hydrofilní viskóza. U směsových textilií platí, že o vlastnostech výsledné textilie rozhoduje surovina s nadpoloviční většinou. V tomto případě není

žádný podíl nadpoloviční, ale vzhledem k třetí surovině, kterým je 20 % podíl vlny, lze očekávat, že celkové chování textilie bude ovlivněno z větší míry hydrofilním chováním vláken, protože vlna i viskóza mají podobné sorpční vlastnosti a společně tvoří nadpoloviční většinu. Proto je možné, že skutečné vlastnosti můžou více odpovídat hydrofilnímu podílu, než je odhadnutá suma všech podílů.

Změny vlastností vlákenných podílů a celých vzorků vlivem kalandrování je těžké odhadnout. U vzorků mohlo dojít k mechanickým i chemickým poškozením. Působení tepla a tlaku během kalandrování by nemělo mít vliv na vlastnosti polyesterových ani viskózových vláken. U vlněných vláken došlo v obou stupních kalandrování k překročení hranice 115 °C, kdy vlněný vlas nenávratně ztrácí chemicky vázanou vodu. Stupeň kalandrování velmi lesklý se blíží hranici 160 °C, kdy vlněné vlákno žloutne a hnědne, ale tato hranice překročena nebyla. To, jestli došlo k chemickým změnám vlněných vláken, záleží na tom, jak účinné bylo ochlazování vodou během kalandrování. Voda sice prodlužuje dobu potřebnou k přehřátí vláken, avšak pokud se zahřála na vyšší teplotu nebo přesáhla 120 °C, došlo k chemickým změnám vlněného podílu. Zda to má výrazný vliv na vlastnosti tkanin, záleží na tom, jak je jednotlivé podíly vláken ovlivňují.

2.1.2.5. Snímky vlákenných surovin

Materiálové složení potvrzují fotografie z elektronového mikroskopu o přiblížení 2000x. Na obr. 11 jsou společně vyfocena všechna tři vlákna – vlněný vlas pokrytý šupinkami, laločnatá viskóza a hladké polyesterové vlákno.



Obr. 11: Fotografie vláken z elektronového mikroskopu s pozlacením

2.2. Předmět a metodika výzkumu

Měření probíhala v klimatizovaných laboratořích Ege univerzity v Izmiru a v laboratořích Technické univerzity v Liberci, kde byly vzorky po celou dobu všech měření umístěny pro dostatečnou aklimatizaci. Podmínky v laboratořích Ege univerzity byly konstantně udržovány na teplotě 20,5 °C a vlhkosti vzduchu 64 %. Laboratoře Technické univerzity v Liberci nejsou klimatizovány. Podmínky během jednotlivých měření jsou u těchto měření uvedeny.

2.2.1. Zjišťování skutečné dostavy

Skutečná dostava byla měřena v klimatizované laboratoři Ege univerzity v Izmiru. Pro co nejvyšší přesnost byla počítána na 5 cm textilie. Osnovní i útkové nitě každého vzorku byly počítány celkem 4 krát v různých místech tak, aby se neopakovaly stejné osnovní nebo útkové nitě. Nejdříve bylo odměřeno 5 cm materiálu, který byl

odstřižen. Níť byly pomocí jehly po jedné vytahovány a počítány. Počet nití na 5 cm byl pro každé měření zprůměrován na 1 cm. Nakonec byl zjištěn aritmetický průměr ze všech měření pro osnovu a útek každého vzorku.

2.2.2. Zjišťování plošné hmotnosti

Měření proběhlo v klimatizovaných laboratořích Ege univerzity. Ze vzorků byly raznicí vyraženy kruhové vzorky o ploše 100 cm^2 a zváženy. Z každého materiálu byly vystřiženy a zváženy tři vzorky na různých místech. Ze třech měření byl vypočítán aritmetický průměr.

2.2.3. Zjišťování tepelné jímavosti a tepelného odporu

Měření probíhala v laboratoři Katedry hodnocení textilií na Technické univerzitě v Liberci. Vzorky byly proměřovány na přístroji Alambeta podrobně popsáném v kapitole 1.3.9. Přístroj Alambeta byl zvolen k měření hned z několika důvodů. Z hlediska měření za sucha je vítána jeho nedestrukčnost, která umožňuje proměření nezmenšených vzorků. Z hlediska měření za vlhka je oproti většině ostatních metod, popsáných v kapitole 1.3., podstatný velmi krátký čas měření v řádech desítek vteřin, díky čemuž nedochází k úbytkům vlhkosti během měření. Důvodem pro použití tohoto přístroje je i jeho dostupnost na Katedře hodnocení textilií. Na každém materiálu bylo provedeno dvacet měření z rubové strany na různých místech plochy vzorku. Měření po rubové straně se provádí standardně, protože cílem práce je zjistit teplotně komfortní děje působící mezi pokožkou a oděvem během nošení oděvu, tedy během kontaktu rubní strany oděvu s pokožkou. Ve snaze získat co nejpřesnější výsledky byla všechna měření provedena v jeden den. I přesto klimatické podmínky v laboratoři během celého dne kolísaly.

Podmínky měření

Teplota vzduchu: 21,5 - 23 °C

Vlhkost vzduchu: 21-22 %

Přítlak měřící hlavice: 250 Pa

Postup měření

Postup měření se řídil normou IN 23-304-02/01 Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta. Po zapnutí přístroje bylo třeba vyčkat, až se měřicí hlavice ohřeje na potřebnou teplotu 32 °C. Když byl přístroj připraven k měření, zobrazila se na displeji zkratka rdL. Poté se vzorek umístil na podložku tak, aby rub směřoval nahoru k měřicí hlavici. Vzorek na kruhové podložce se musel urovnat, aby nevznikly záhyby a nerovnosti, a byl přidržován proti zvrásnění. Když byl vzorek připraven, stisklo se tlačítko ST. Tím se spouští měření. Měřicí hlavice sjíždí dolů a dotýká se vzorku, probíhá proces měření. Když je měření dokončeno, hlavice vyjede opět nahoru a na displeji se zobrazí výsledek měření. Stiskem tlačítka RL se provádí listování naměřenými hodnotami. Ty byly po jednom měření opisovány. Poté následovalo měření dalšího místa vzorku nebo dalšího vzorku. Během měření se mohou na displeji objevit písmena E a F s příslušným číslem. Písmeno E označuje chyby měření, např. příliš tenkou textilií. Písmeno F značí závady na přístroji. [46, 47]

2.2.4. Zjišťování tepelné jímavosti a tepelného odporu za vlhka

Měření probíhalo v laboratoři Katedry hodnocení textilií na Technické univerzitě v Liberci. Vzorky byly měřeny pomocí výše popsaného přístroje Alambeta. Před samotným měřením byla zjišťována ultra suchá hmotnost pomocí sušičky na Katedře hodnocení textilií. Měřeny byly kruhové vzorky o průměru 16,5 cm. Tato velikost byla zvolena jako minimální velikost vzorků pro měření na přístroji Alambeta tak, aby bylo možné vzorky umístěné pod měřicí hlavici pohodlně přidržovat oběma rukama v mírně napnutém stavu. Menší vzorky by nebylo možné přidržovat, rolovaly by se ve vlhkém stavu pod měřicí hlavici a docházelo by k chybně zjištěným hodnotám.

Vzhledem k tomu, že podmínky v neklimatizované laboratoři Katedry hodnocení textilií se mění a proměření všech vlhkých vzorků trvá několik hodin, nebylo možné měření opakovat na více vzorcích od každého materiálu. Výsledky měření při různých podmínkách by nebylo možné porovnat mezi sebou.

Zjišťování ultra suché hmotnosti

Jelikož i suché vzorky obsahují určité procento vlhkosti v závislosti na rovnovážné sorpci daného vlákna a vlhkosti vzduchu při měření, nebylo by možné zjistit procento vody ve vzorku a následné porovnání výsledků. Proto bylo provedeno

zjišťování hmotnosti ultra suchých vzorků. Cílem je, aby vzorky neobsahovaly žádnou vlhkost. Za tímto účelem byla použita sušička v laboratoři Katedry hodnocení textilií.

Po zapnutí sušičky se muselo počkat na její ohřátí. Když digitální teploměr umístěný vně na sušičce ukazoval teplotu uvnitř 100 °C, vložily se dovnitř vzorky. Horký vzduch cirkulující v sušičce odvedl vlhkost ze vzorků. Po uplynutí 4 hodin byly vzorky po jednom vyjímány. Hned po vyjmutí vzorku byl zvážen. Vážení probíhalo co nejrychleji, aby vzorek nezačal absorbovat vzdušnou vlhkost.

Zjištěná ultra suchá hmotnost vzorků je nutná pro stanovení závislosti vlastností textilií na množství vlhkosti. Podle vzorce (21) je třeba pro každý vzorek a každý stupeň vlhkosti zjistit procento vody obsažené ve vzorku. To se zjišťuje i pro hmotnost měřenou během měření nezavlhčených vzorků v laboratorních podmínkách.

$$U = \frac{m_W - m_{UD}}{m_{UD}} 100 [\%] \quad (21)$$

m_W – hmotnost vlhkého vzorku [g]

m_{UD} – hmotnost ultra suchého vzorku [g]

Příprava vzorků

Před samotným měřením se vzorky musí smáčet vodou. Je potřeba, aby voda pronikla do hloubky vzorků a jednotlivých vláken. K urychlení a zlepšení procesu smáčení je vhodné použít smáčecí přípravek. Pro tuto práci byl použit přípravek Akkim: Akwet-NBG. Pro účely smáčení textilií byl zředěn destilovanou vodou v poměru daném v návodu. Vzorky byly v roztoku ponořeny 15 hodin, čímž bylo zaručeno dokonalé smočení vzorků.

Podmínky měření

Teplota vzduchu: 22,4 °C

Vlhkost vzduchu: 29 %

Přítlak měřicí hlavice: 250 Pa

Postup měření

Vzorky byly proměřeny na výše popsaném přístroji Alambeta při 6 stupních zavlhčení, konkrétně 100 %, 80 %, 60 %, 40 %, 20 % a 10 %. Z hmotnosti zjištěné

zvážením ultra suchých vzorků byly předem spočítány požadované hmotnosti vlhkých vzorků pro daná procenta zavlhčení.

Vzorky byly jednotlivě vyjímány z lázně. Oklepání rukou byla odstraněna nevázaná vlhkost z povrchu vzorku. Okapaný vzorek byl nejdříve orientačně zvážen. Následně byl vzorek položen na savý papír a lehce přiklopen druhým savým papírem, čímž byla odstraněna část vlhkosti. Vzorek byl znovu zvážen. Pokud jeho hmotnost přibližně odpovídala požadované hmotnosti pro 100 % zavlhčení, reálná hmotnost byla zaznamenána a vzorek byl proměřen přístrojem Alambeta. Pokud byla jeho hmotnost vyšší o víc jak 5 % oproti požadované hmotnosti, vzorek lehce rovnoměrně položen na savý papír a přiklopen dalším savým papírem čímž byla opět odsáta vlhkost. Poté byl znovu zvážen. V případě potřeby byl tento postup opakován až po dosažení požadovaného procenta vlhkosti. V případě, že došlo k mírnému přesušení vzorku, nebylo možné dodat vlhkost zpět. Proto byl vzorek změřen při takové vlhkosti, kterou právě obsahoval. Při každém měření byla nejdříve zaznamenána hmotnost vzorku před vložením pod měřicí hlavici přístroje a následně související naměřené hodnoty udávané přístrojem. Takto bylo postupováno u zavlhčení s vysokými procenty vlhkosti. Od 60 % zavlhčení již nebylo zapotřebí použít savé papíry. Při použití savých papírů by nebylo možné přesně dosáhnout požadovaných procent vlhkosti. Proto byly vzorky pouze na něj rovnoměrně rozloženy a vážením byla kontrolována jejich hmotnost. Vždy, když procento vlhkosti kleslo dle požadavku, byly okamžitě proměřeny na přístroji Alambeta. Princip měření je popsán výše. Postupovat bylo nutné rychle, aby vzorky neztrácely vlhkost. Takto se postupovalo až do 10 % zavlhčení vzorku. Když byl změřen pro všechny procenta vlhkosti, byl vyjmut další vzorek z lázně a stejný postup byl opakován.

2.2.5. Zjišťování prodyšnosti

Prodyšnost byla proměřována na přístroji FX 3300, popsaném v kapitole 1.3.10. Přístroj je dostupný na Ege univerzitě a lze na něm provádět nedestrukční měření nezavlhčených vzorků i měření vlhkých vzorků, kde je nutný krátký expoziční čas. Měření probíhala v klimatizované laboratoři Ege univerzity v Izmiru. Každý vzorek byl proměřován 20 krát na různých místech plochy vzorku.

Podmínky měření

Teplota vzduchu: 20,5 °C

Vlhkost vzduchu: 64 %

Tlak: 100 Pa

Plocha měřicí hlavice: 5 cm²

Jednotka: l.m⁻²s⁻¹

Postup měření

Po zapnutí přístroje byly nastaveny požadované podmínky měření – tlak a výstupní jednotka. Průměr měřicí hlavice se mění její výměnou. Nebylo třeba používat speciální rozměr vzorků, protože metoda je nedestrukční. Vzorky byly pokládány na měřicí otvor umístěný na přístroji. Měřicí hlavice je umístěná nad otvorem na pohyblivém rameni. Po umístění vzorku byla přitlačena ke vzorku. Okamžitě po přisátí hlavice dochází ke vzniku tlakového spádu mezi oběma stranami textilie, který přístroj snímá. Hodnota je zobrazována na displeji, vedle kterého je svítící kontrolka. Pokud je hodnota prodyšnosti změřena správně, kontrolka svítí zeleně. Pokud je kontrolka červená, znamená to, že výsledná hodnota je nižší nebo vyšší než právě nastavená stupnice a přístroj nemůže správnou hodnotu změřit. V takovém případě se musí rozsah stupnice posunout. Po opsání hodnoty z displeje je měřicí hlavice manuálně vrácena do původní polohy, čímž se přístroj připraví k dalšímu měření.

2.2.6. Zjišťování prodyšnosti za vlhka

Celkem byly pro každý vzorek změřeny čtyři kruhové vzorky od každého materiálu o ploše 100 cm². Takto malé vzorky jsou dostačující pro měření na přístroji FX 3300 a navíc menší vzorky umožňují lepší smáčení, vážení a vysoušení. Vzorky byly proměřovány při 7 stupních zavlhčení. Celkem tedy bylo provedeno přes 300 měření prodyšnosti zavlhčených vzorků.

Zjišťování ultra suché hmotnosti

Za tímto účelem byla použita sušička ATAC FT-200 v laboratoři Ege univerzity. Postup je shodný se zjišťováním ultra suché hmotnosti vzorků pro měření tepelné jímavosti a tepelného odporu za vlhka.

Příprava vzorků

Vzorky byly smáčeny shodným postupem jako při měření tepelné jímavosti a tepelného odporu za vlhka.

Podmínky měření

Teplota vzduchu: 20,5 °C

Vlhkost vzduchu: 64 %

Tlak: 100 Pa

Plocha měřicí hlavice: 5 cm²

Jednotka: l.m⁻²s⁻¹

Postup měření

Měření proběhlo v klimatizovaných laboratořích Ege univerzity. Prodyšnost byla zjišťována na přístroji FX 3300 při 7 stupních zavlhčení, konkrétně 100 %, 80 %, 60 %, 40 %, 20 %, 10 % a 8 %. Z ultra suché hmotnosti zjištěné zvážením ultra suchých vzorků byly spočítány požadované hmotnosti vlhkých vzorků pro daná procenta zavlhčení, kterých bylo během vysoušení dosahováno.

Postup vysoušení vzorků je shodný s měřením tepelné jímavosti a tepelného odporu za vlhka. Princip měření na přístroji FX 3300 je popsán v kapitole 2.2.5.

2.2.7. Elektronový mikroskop

Za účelem podrobného zobrazení a zjištění rozdílů mezi kalandrovanými a nekalandrovanými vzorky byly pořízeny snímky na elektronovém mikroskopu na Katedře netkaných textilií Technické univerzity v Liberci. Na elektronovém mikroskopu nelze pozorovat vlhké vzorky, nelze proto podrobně zachytit změny při zavlhčení. Pozorovat lze pouze rozdíly mezi suchými vzorky. Pro práci byl použit Vysokorozlišovací stolní elektronový mikroskop Phenom, který kombinuje optickou kameru pro navigaci a vysoce kvalitní skenovací elektronový mikroskop (SEM) pro detailní zobrazení. Rozsah zvětšení mikroskopu je 24x – 24 000x. Technický popis zařízení je umístěn v Příloze 2.

Postup práce

Příprava vzorků pro pozorování není zvlášť zdlouhavá. Z tkanin se musí vystříhnout nůžkami čtvereček materiálu o přibližné velikosti 1 cm x 1 cm. Pokud chceme pozorovat lící stranu tkaniny, vzorek se přilepí rubem na terčík, na kterém je oboustranná lepicí páska a který je nosičem vzorků a vkládá se do mikroskopu. Na jeden terčík se vejdou celkem 4 malé vzorky. Vzorky byly pozorovány z lící i z rubové strany. Terčík tedy vždy obsahoval 2 malé vzorky od jedné tkaniny, jeden přilepený lící stranou a druhý rubovou. Terčíky bylo třeba opatřit popisem vzorků a označením osnovy a útku. Hotové vzorky se standardně opatřují postřikem částic zlata, které zajišťuje dosažení ostřejších snímků. Částice zlata však částečně zakryjí některé drobné detaily na vláknech, proto jejich použití, či nepoužití záleží na tom, jaké detaily mají být mikroskopem pozorovány. Pro tuto práci byl postřik z technických důvodů opatřen pro polovinu vzorků a druhá polovina byla pozorována bez pozlacení. Hotové terčíky se vkládají do mikroskopu a prostřednictvím softwaru je nastaveno požadované zvětšení a místo pořízení snímku. Pro tuto práci byly pořízeny snímky o zvětšení 500x, 1000x, 1500x a 2000x.

2.2.8. Stereomikroskop

Pro pochopení změn nastávajících na vzorcích během zavlhčení vzorků bylo provedeno pozorování všech vzorků při všech stupních zavlhčení na mikroskopu v laboratoři Ege univerzity v Izmiru a pozorování bylo zaznamenáno vytvořením snímků. Ke zhotovení snímků byl použit Stereomikroskop Leica S6 s podsvětlovacím zařízením a připojenou kamerou na obr. 12. Ten umožňuje zhotovení snímků při zvětšení v rozmezí 6,3x – 40x.



Obr. 12: Stereomikroskop Leica S6 v laboratoři Ege univerzity

Postup práce

Vzorky byly smočeny vodou a vysoušeny stejným postupem, jako při měření prodyšnosti za vlhka či tepelné jímavosti a odporu za vlhka. Zvážené vzorky s požadovaným procentem vlhkosti byly pokládány na stolek mikroskopu a následně byl pořízen snímek. Během pozorování bylo použito maximální možné prosvětlení ze spodní strany pozorovaného vzorku a zvětšení 32x.

2.3. Vyhodnocování výsledků

Výsledky byly vyhodnocovány pomocí programů Statistica 10, Excel a QC Expert 3.3.

2.3.1. Dostava a plošná hmotnost

Naměřené hodnoty dostavy v obou směrech a plošné hmotnosti byly pro každý vzorek zprůměrovány a jsou vypsané v tab. 3. Ta obsahuje i sloupec s hodnotami strojové útkové dostavy pro porovnání.

Tab. 3: Dostava a plošná hmotnost

Název vzorku	Strojová útková dostava [počet nití/1cm]	Útková dostava [počet nití/1cm]	Osnovní dostava [počet nití/1cm]	Plošná hmotnost [g/m ²]
1 – matný 26,5	26,5	29,75	29,25	132,10
2 – lesklý 26,5	26,5	29,30	29,50	132,17
3 – velmi lesklý 26,5	26,5	29,54	29,60	132,97
4 – matný 27,5	27,5	29,60	29,45	129,90
5 – lesklý 27,5	27,5	29,15	30,10	128,87
6 – velmi lesklý 27,5	27,5	29,35	29,00	125,70
7 – matný 28,5	28,5	31,55	29,65	134,93
8 – lesklý 28,5	28,5	31,55	29,80	135,73
9 – velmi lesklý 28,5	28,5	31,85	29,10	135,97
10 – kepr2/2 37	37	39,70	37,90	169,20
11 – kepr2/1 32	32	33,90	36,10	159,73

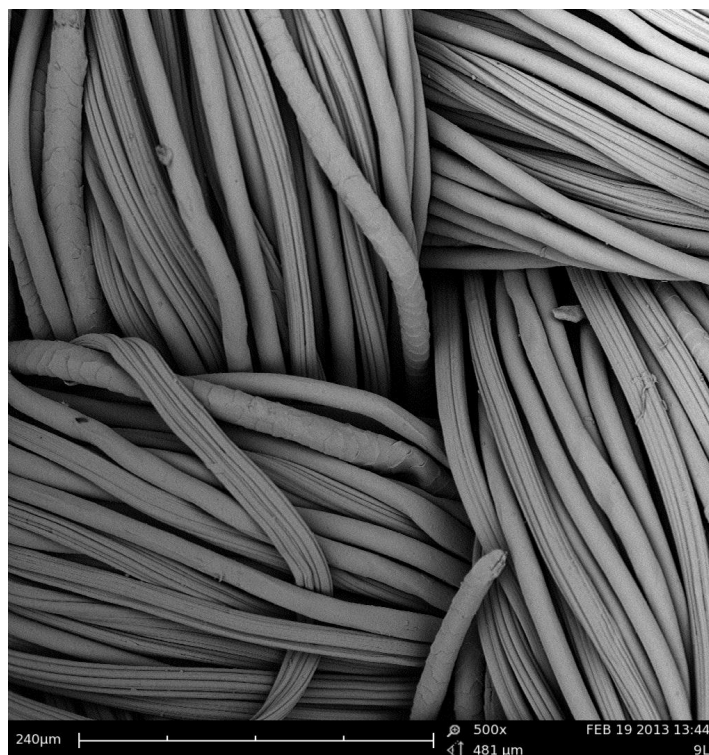
Z tab. 3 je zřejmé, že skutečné počty útkových nití v dostavě neodpovídají strojovým hodnotám udávaným výrobcem. Navíc hodnoty prostřední skupiny vzorků se strojovou dostavou 27,5 nitě, která by měla mít vyšší dostavu, než skupina vzorků se

strojovou dostavou 26,5 nitě, jsou stejné anebo nižší, než u první skupiny. Nižší dostava se promítá i do naměřených plošných hmotností, které jsou také nižší. Velmi nízkou plošnou hmotnost má vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 oproti ostatním vzorkům. Přibližně platí, že skutečné počty útkových nití jsou o tři nitě vyšší, než je strojová dostava tkanin. U skupiny vzorků s dostavou 27,5 nitě a pro keprové vzorky je útková dostava jen o dvě nitě vyšší než strojová dostava.

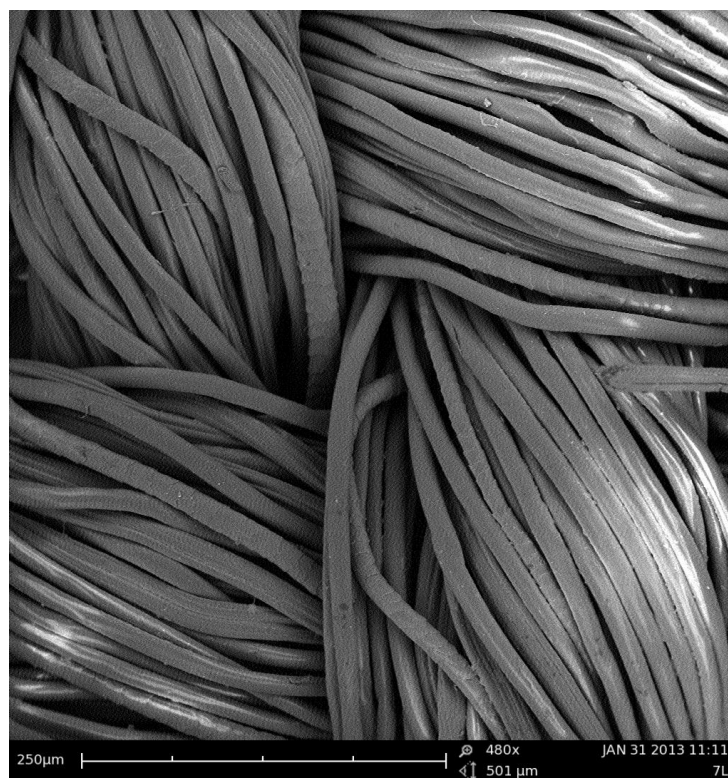
Nesrovnalosti v dostavách a plošných hmotnostech u vzorků ve skupinách se shodnou strojovou dostavou a mezi těmito skupinami jsou způsobeny rozdílným nastavením strojů ve výrobním procesu. Pokud není v celém procesu dodrženo shodné nastavení přítlačů a napětí vedení materiálu u vzorků se stejnou vstupní dostavou, mohou tyto vzorky mít výslednou dostavu a plošnou hmotnost navzájem odlišnou, dochází zde k různým deformacím tkaniny. Rozdíly mezi vzorky kalandrovanými a nekalandrovanými se stejnou strojovou dostavou jsou způsobeny samotným působením kalandrovacího stroje. Pokud je přítlak kalandrovacích válců příliš velký, může nastat až rozmačkání vazby, čímž se sníží plošná hmotnost a dostava a vazba se zaplní, čímž se vyplní póry.

2.3.2. Snímky z elektronového mikroskopu

Pozorováním snímků z elektronového mikroskopu, které jsou umístěné v Příloze 3, nebyly nalezeny žádné charakteristické rozdíly mezi rubními stranami a lícními stranami vzorků. Nelze jistě říct, zda má vliv, která strana se dotýkala kalandrovacího válce. Mezi vzorky s různými stupni kalandrování lze na více snímcích vypořovovat jisté rozdíly. Vlákna ve vzorcích bez úpravy kalandrováním leží vedle sebe volněji, viz obr. 13, zatímco u vzorků kalandrovaných jsou více těsná, viz obr. 14. Také vazné body kalandrovaných vzorků vypadají více ploché. Lze říct, že kalandrování způsobuje určité zploštění osnovních a útkových nití a vláken mezi sebou, nezaplňuje však úplně mezivazební prostory. Je to způsobeno tím, že není použito kalandrování mezi tvrdými válci, ale mezi vyhřívaným válcem a měkkým potahem, čímž nedojde k tak radikálním změnám na tkaninách. Zda se zvýšení zaplnění vazby projeví na prodyšnosti, se potvrdí měřením prodyšností vzorků.

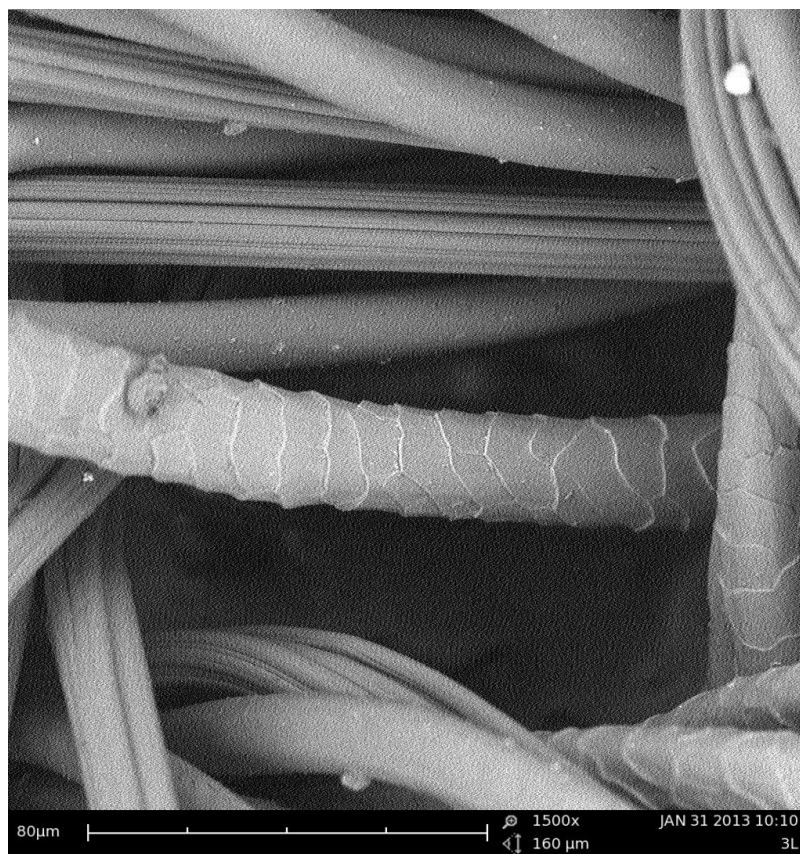


Obr. 13: Elektronový mikroskop: Vzorek 7 – matný 28,5 líc – s pozlacením

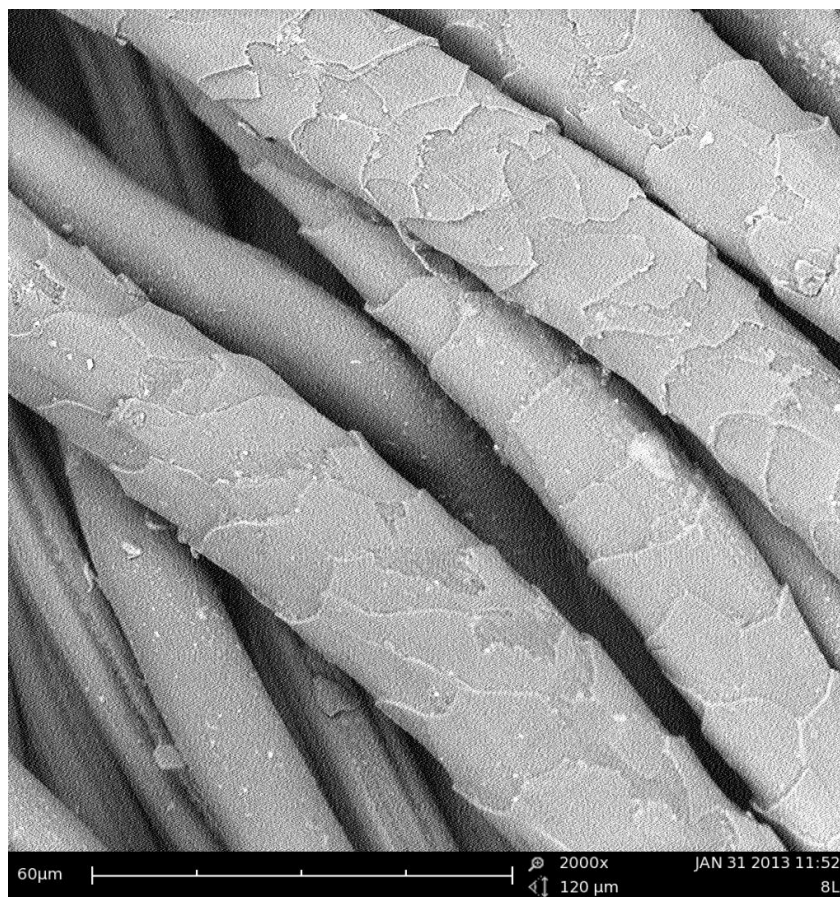


Obr. 14: Elektronový mikroskop: Vzorek 5 – lesklý 27,5 líc – bez pozlacení

Pozorováním jednotlivých vláken lze konstatovat, že na polyesterových a viskózových vláknech nejsou viditelné změny. U vlněných vláken kalandrovaných vzorků lze nalézt v různé míře poškození vrchní části šupinek vlněného vlákna. Okraje šupinek vypadají polámané. Připomínají vlákna poškozená neplstivou enzymatickou úpravou provedenou Průdkovou v [34]. Poškození vrchní části šupinek vlněného vlákna by se mělo projevit zhoršením tepelně komfortních vlastností vlněného podílu především při měření vlhkých vzorků. Díky šupinkám obsahuje povrch vlněného vlákna hodně vzduchu, což snižuje jeho tepelnou vodivost. Poškozením šupinek by tento efekt byl negativně ovlivněn. Lehce poškozené šupinky lze nalézt i u některých nekalandrovaných vzorků, který je na obr. 15., avšak nejvýraznější poškození je vidět na vzorcích kalandrovaných, viz obr. 16.



Obr. 15: Elektronový mikroskop: Vzorek 1 – matný 26,5 líc – bez pozlacení



Obr. 16: Elektronový mikroskop: Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 líc – bez pozlacení

Pokud by platilo, že vlněná vlákna jsou poškozena na té straně, která se dotýkala kalandrovacího válce, mohlo by to mít vliv na tepelný omak. Skupina kalandrovaná stupněm lesklý se dotýkala rubovou stranou válce, zatímco velmi lesklý lícovou stranou. Mohlo by to mít za následek zhoršený tepelný omak při dotyku s pokožkou lesklých vzorků, přestože kalandrovaných při nižší teplotě a tlaku. U všech vzorků však toto poškození vlněných vláken ze snímků potvrdit nelze.

2.3.3. Tepelný odpor a tepelná jímavost

Nejdříve jsou zpracovány hodnoty charakterizující tepelný komfort tkanin naměřené přístrojem Alambeta během měření nezavlhčených vzorků. Jejich porovnáním se zjistí, jaký má kalandrování vliv a jak velký. Všechny naměřené hodnoty jsou zaznamenány v Příloze 4.

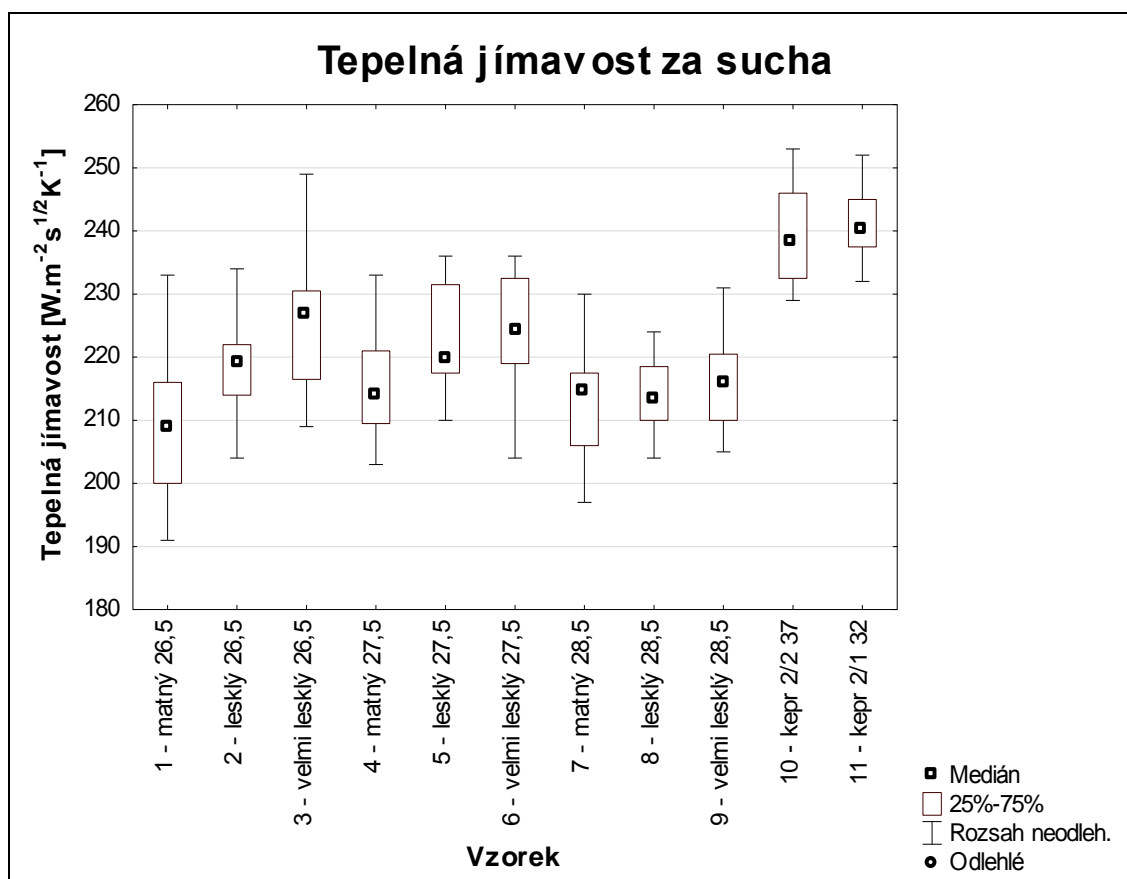
2.3.3.1. Popisná statistika pro tepelnou jímavost

V tab. 4 jsou uvedeny údaje popisné statistiky pro tepelnou jímavost vzorků měřených bez zavlhčování vypočítané programem Statistica 10. Tabulka obsahuje hodnoty průměrů, horních a dolních mezí intervalů spolehlivosti, mediánu, minimální a maximální hodnoty a směrodatnou odchylku. Jednotkou je $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{K}^{-1}$. Sloupec N udává počet provedených měření.

Tab. 4: Popisná statistika pro tepelnou jímavost

Název vzorku	N	Průměr	Interval spolehlivosti <-95%;95%>	Medián	Min.	Max.	Směr. odchylka
vše	220	221,57	<219,87;223,27>	220	191	253	12,79
1 – matný 26,5	20	208,60	<203,78;213,42>	209	191	233	10,30
2 – lesklý 26,5	20	218,95	<215,44;222,46>	219	204	234	7,49
3 – vel. lesklý 26,5	20	224,90	<220,11;229,69>	227	209	249	10,23
4 – matný 27,5	20	214,95	<211,09;218,81>	214	203	233	8,26
5 – lesklý 27,5	20	222,65	<218,86;226,44>	220	210	236	8,11
6 – vel. lesklý 27,5	20	223,00	<218,38;227,62>	224	204	236	9,86
7 – matný 28,5	20	213,15	<209,00;217,30>	215	197	230	8,86
8 – lesklý 28,5	20	214,25	<211,37;217,13>	214	204	224	6,16
9 – vel. lesklý 28,5	20	216,30	<213,03;219,57>	216	205	231	6,99
10 – kepr2/2 37	20	239,40	<236,01;242,79>	239	229	253	7,24
11 – kepr2/1 32	20	241,10	<238,63;243,57>	240	232	252	5,28

Přehlednější zobrazení výsledků nabízí krabicový graf pro tepelnou jímavost vzorků z programu Statistica 10 na obr. 17. Obsahuje údaje o mediánu, horním a dolním kvantilu, ostatních neodlehých hodnotách a případných odlehých hodnotách, pokud se v měření vyskytují.



Obr. 17: Krabicový graf pro tepelnou jímavost za sucha

Z tabulky popisné statistiky i z krabicového grafu se dá snadno pozorovat rozložení naměřených dat. V měření se nevyskytují odlehle hodnoty. Dle šířky krabic a umístění mediánu je možné předpokládat, že data pocházejí z normálního rozdělení.

Z grafu jsou vidět mírné rozdíly v tepelné jímavosti jednotlivých vzorků. Vypadá to, že neupravené vzorky mají nepatrně hřejivější omak, než kalandrované vzorky. Jestli jsou rozdíly mezi nimi významné, není příliš zřejmé. Stejně tak nejde rozeznat, zda jsou významné rozdíly mezi stupni kalandrování a zda má strojová

dostava nebo plošná hmotnost vliv na tepelnou jímavost. Výrazně se liší vzorky keprové, které mají chladnější omak. Zaplněnější keprová vazba tedy působí na omak chladněji. Není rozdíl, zda se jedná o keprový vzorek s vazbou 2/2 nebo 2/1.

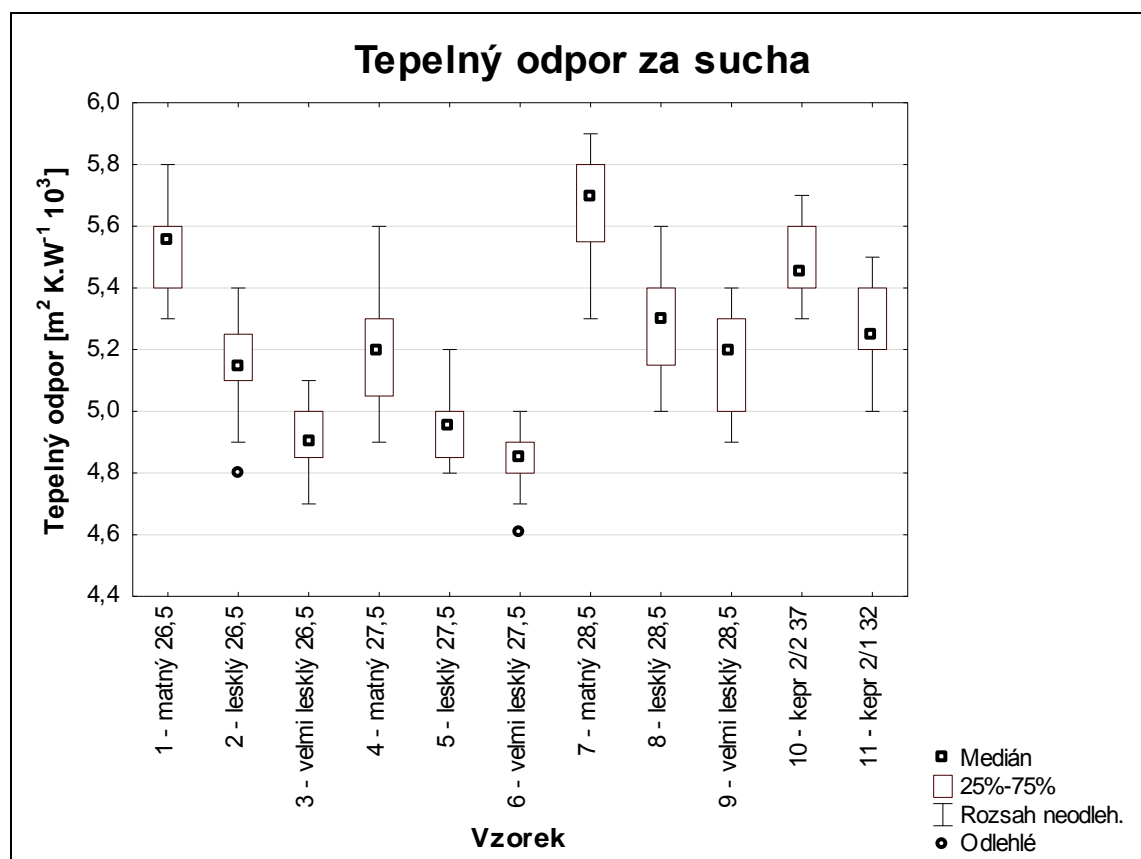
2.3.3.2. Popisná statistika pro tepelný odpor

V tab. 5 jsou uvedeny údaje popisné statistiky pro tepelný odpor vzorků za sucha vygenerované programem Statistica 10. Tabulka obsahuje hodnoty průměrů, horních a dolních mezí intervalů spolehlivosti, mediánu, minimální a maximální hodnoty a směrodatnou odchylku. Hodnoty jsou udávány v jednotkách $W^{-1}K.m^2 10^3$. Sloupec N udává počet provedených měření.

Tab. 5: Popisná statistika pro tepelný odpor

Název vzorku	N	Průměr	Interval spolehlivosti <-95%; 95%>	Medián	Min.	Max.	Směr. odchylka
vše	220	5,23	<5,19; 5,26>	5,20	4,6	5,9	0,29
1 – matný 26,5	20	5,52	<5,45; 5,59>	5,55	5,3	5,8	0,15
2 – lesklý 26,5	20	5,15	<5,08; 5,22>	5,15	4,8	5,4	0,14
3 – vel. lesklý 26,5	20	4,92	<4,87; 4,97>	4,90	4,7	5,1	0,10
4 – matný 27,5	20	5,20	<5,12; 5,28>	5,20	4,9	5,6	0,17
5 – lesklý 27,5	20	4,95	<4,89; 5,00>	4,95	4,8	5,2	0,11
6 – vel. lesklý 27,5	20	4,84	<4,79; 4,89>	4,85	4,6	5,0	0,10
7 – matný 28,5	20	5,70	<5,61; 5,78>	5,70	5,3	5,9	0,18
8 – lesklý 28,5	20	5,29	<5,21; 5,36>	5,30	5,0	5,6	0,17
9 – vel. lesklý 28,5	20	5,16	<5,08; 5,23>	5,20	4,9	5,4	0,15
10 – kepr2/2 37	20	5,49	<5,43; 5,54>	5,45	5,3	5,7	0,11
11 – kepr2/1 32	20	5,29	<5,22; 5,35>	5,25	5,0	5,5	0,15

Na obr. 18 je krabicový graf pro tepelný odpor vzorků z programu Statistica 10. Také obsahuje údaje o mediánu, horním a dolním kvantilu, ostatních neodlehých hodnotách a případných odlehých hodnotách, pokud se v měření vyskytují.



Obr. 18: Krabicový graf pro tepelný odpor za sucha

Z tabulky popisné statistiky i z krabicového grafu lze opět dobře vidět rozložení naměřených dat. V měření se vyskytují jen dvě odlehle hodnoty. Umístění mediánu uprostřed krabic napovídá, že data zřejmě pocházejí z normálního rozdělení.

U plátňových vzorků přibližně platí, že tepelný odpor se zvyšuje s plošnou hmotností. Vliv strojové dostavy neplatí pro prostřední skupinu vzorků 4, 5, 6, které mají nižší plošnou hmotnost než ostatní skupiny. Přibližně platí, že čím vyšší stupeň kalandrování, tím je nižší tepelný odpor. Mohlo by jít o efekt snížení tloušťky materiálu v důsledku působení tlaku a tepla při kalandrování. Také to může být způsobeno poškozením vlněných vláken při kalandrování, které bylo pozorováno na snímcích

z mikroskopu. Pravděpodobně se jedná o kombinaci obou efektů. U keprových vzorků neplatí, že s vyšší dostavou a plošnou hmotností se zvyšuje tepelný odpor. Ten je totiž u vzorku číslo 10 - kepr2/2 na úrovni tepelného odporu vzorku číslo 1 – matný 26,5 a pro vzorek 11 - kepr2/1 je ještě nižší. Z grafu není příliš jasné, jakou roli v rozdílech tepelného odporu hraje samotné kalandrování a jakou konstrukce materiálu, dostava, plošná hmotnost a tloušťka.

2.3.3.3. ANOVA pro tepelnou jímavost

Pro zjištění, zda kalandrování a strojová dostava skutečně ovlivňují tepelnou jímavost a tepelný odpor, je nutné provést testovou statistiku. Klasický t-test neumožňuje testovat více než dvě skupiny výběrů a neumožňuje pozorovat kombinovaný efekt více kategorizačních proměnných na závisle proměnnou. Tuto schopnost má vícefaktorová analýza rozptylu (ANOVA). Vícefaktorová ANOVA porovnává střední hodnoty a rozptyly více výběrů a jejich případné rozdíly považuje za míru intenzity působení posuzovaných nezávislých faktorů a jejich úrovní. Díky tomu lze testovat účinky několika podmínek, kterými jsou vystaveny různé skupiny subjektů, a jejich kombinací. [48, 49]

Pro tuto studii je pro plátňové vzorky vypočítána analýza rozptylu dvojného třídění s interakcemi v programu Statistica 10. Závislou proměnnou je tepelná jímavost a faktory jsou tři stupně kalandrování a tři stupně strojové dostavy, které dělí vzorky do několika propojených skupin. Kalandrování je rozděleno podle provedené úpravy na skupinu vzorků *matné*, které jsou bez úpravy kalandrováním, *lesklé* s kalandrováním při nižší teplotě a tlaku a *velmi lesklé* kalandrované při vyšším tlaku a teplotě. Podle strojové dostavy jsou vzorky rozděleny na tři skupiny. Jako *malá* je označena strojová dostava 26,5 nití, *střední* 27,5 nití a *velká* s 28,5 nitmi. Kalandrování a strojová dostava jsou vhodné pro použití jako nezávislé faktory, protože jsou vzájemně nezávislé a lze u nich zkoumat jak jejich hlavní efekt, tak kombinovaný.

Ověření normality

Jednou z podmínek pro použití ANOVY je dodržení normality dat. Ta je testována pomocí Shapirova-Wilkova testu (S-W test). S-W test je vhodný zejména pro menší výběry o rozsahu $3 \leq n \leq 50$. Testuje se hypotéza, že náhodný výběr je z normálního rozdělení. Pro všechny vzorky jsou spočítány tzv. p-hodnoty. P-hodnoty

udávají hodnotu pravděpodobnosti, na které by musel být výběr testován, aby došlo k zamítnutí hypotézy o normálním rozdělení. [48, 49] V tomto případě je test proveden na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Pokud jsou tedy p-hodnoty vyšší než 0,05, není zamítnuta hypotéza, že prodyšnost plátňových vzorků má normální rozdělení.

V programu Statistica 10 jsou hodnoty testové statistiky S-W testu a p-hodnoty generovány společně s frekvenčními tabulkami. Ty jsou umístěny v Příloze 5. Hodnoty testového kritéria a p-hodnoty udává tab. 6.

Tab. 6: Testové kritérium a p-hodnoty S-W testu pro tepelnou jímavost

Název vzorku	W	p
1 – matný 26,5	0,97202	0,79688
2 – lesklý 26,5	0,97855	0,91397
3 – velmi lesklý 26,5	0,95663	0,47897
4 – matný 27,5	0,96131	0,57040
5 – lesklý 27,5	0,91602	0,08309
6 – velmi lesklý 27,5	0,92612	0,13000
7 – matný 28,5	0,97526	0,85955
8 – lesklý 28,5	0,94983	0,36456
9 – velmi lesklý 28,5	0,95643	0,47527

Hodnoty testového kritéria W se u všech vzorků blíží 1. Následkem toho jsou p-hodnoty S-W testu pro všechny vzorky vyšší než hladina významnosti 0,05. Je tedy splněn předpoklad o normalitě dat. Hypotéza, že data mají normální rozdělení, není zamítnuta.

Ověření shody rozptylů

Dalším předpokladem pro výpočet ANOVY je tzv. homoskedasticita (shoda rozptylů). Jedná se o předpoklad, že všechny prvky výběru pocházejí z rozdělení s konstantním rozptylem. K tomuto účelu je použit Leveneův test v programu Statistica 10. Ten není příliš citlivý na porušení normality dat a lze použít i u menších výběrů. [48, 49]

Tabulka s výsledky Leveneova testu je umístěna v Příloze 5. Porovnáním testové statistiky s kritickou hodnotou, která je vyšší než testová statistika, dochází k nezamítnutí hypotézy o shodě rozptylů. Stejně tak p-hodnota 0,43 je vyšší než hladina významnosti 0,05. Rozptyly jsou tedy pravděpodobně homogenní.

Analýza rozptylu dvojného třídění

Díky splnění obou podmínek lze provést parametrickou analýzu rozptylu. Závislou proměnnou je tepelná jímavost, hlavními efekty je kalandrování a strojová dostava a vedlejším efektem je jejich kombinace.

Tab. 7: Výsledky analýzy rozptylu pro tepelnou jímavost

Efekt	Analýza rozptylu dvojného třídění Tepelná jímavost				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	850860	1	850860	115423,1	0,000000
kalandrování	2650	2	1325	18,0	0,000000
strojová dostava	952	2	476	6,5	0,001974
kalandrování*strojová dostava	1001	4	250	3,4	0,010581
Error	12606	171	74		

Z tab. 7 s výsledky analýzy je vidět, že všechny tři zkoumané efekty jsou významné na hladině významnosti 0,05. P-hodnota pro efekt kalandrování je 0, pro strojovou dostavu je 0,001974 a pro kombinovaný efekt 0,010581, tzn. všechny jsou nižší než hladina významnosti 0,05. Díky tomu je zamítnuta nulová hypotéza o rovnosti středních hodnot porovnávaných skupin. Znamená to, že minimálně jedna skupina se liší od ostatních. Tím se potvrzuje, že strojová dostava a kalandrování mají vliv na tepelnou jímavost plátňových vzorků za sucha. Jejich interakce navíc nepůsobí nezávisle, ale má kombinovaný efekt na tepelnou jímavost.

Mnohonásobné porovnávání

Díky analýze rozptylu je potvrzen vliv kalandrování a strojové dostavy na tepelnou jímavost. Neobsahuje však údaje o tom, mezi kterými skupinami existují rozdíly a jak velké. K tomu slouží tzv. post-hoc (následné) metody mnohonásobného porovnávání. [48, 49] V tomto případě je použita Tukeyho metoda mnohonásobného

porovnávání. Jedná se o obdobu t-testu, který zkoumá, zda se liší střední hodnoty pro všechny možné kombinace skupin. Výsledky jsou zapisovány do matice významných p-hodnot. P-hodnoty, které jsou nižší, než hladina významnosti 0,05, značí rozdíly mezi dvojicí skupin. Tabulky p-hodnot jsou umístěné v Příloze 5.

Větší přehled v rozdílech mezi skupinami však nabízí tabulka homogenních skupin v tab. 8. Ta řadí vzorky do skupin, ve kterých se vzorky významně neliší na hladině významnosti 0,05.

Tab. 8: Tabulka homogenních skupin pro efekt kalandrování na tepelnou jímavost

Tukeyho test - tabulka homogenních skupin alfa = ,05000 Error: Between MS = 73,717, df = 171,00					
skupina	kalandrování	tepelná jímavost Mean	1	2	
1	matný	212,233		****	
2	lesklý	218,616	****		
3	velmi lesklý	221,400	****		

V tabulce homogenních skupin pro efekt kalandrování na tepelnou jímavost jsou tři stupně kalandrování rozděleny do dvou skupin. První skupinu tvoří lesklé a velmi lesklé vzorky, na hladině významnosti 0,05 mezi nimi nebyly zjištěny rozdíly v tepelné jímavosti. Matný stupeň kalandrování, tedy bez kalandrování, je naproti tomu označen za odlišný od lesklého a velmi lesklého stupně. Rozdíl v tepelné jímavosti mezi střední hodnotu matných vzorků a lesklých vzorků je $6 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ a mezi velmi lesklými a matnými $9 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Nejnížší tepelnou jímavost mají matné vzorky $212 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ a nejvyšší velmi lesklé $221 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$.

Pomocí Tukeyho testu byl prokázán významný vliv kalandrování na tepelný omak vlnařských tkanin. Rozdíly mezi stupni kalandrování významné nejsou, ale lze říct, že nekalandrované vzorky vykazují teplejší omak než kalandrované.

Další tabulka homogenních skupin je vytvořena pro efekt strojové dostavy. Tab. 9 rozděluje vzorky do skupin podle strojové dostavy, která má vliv na tepelnou jímavost.

Tab. 9: Tabulka homogenních skupin pro efekt strojové dostavy na tepelnou jímavost

Tukeyho test - tabulka homogenních skupin alfa = ,05000 Error: Between MS = 73,717, df = 171,00				
skupina	strojová dostava	tepelná jímavost Mean	1	2
3	velká	214,566	****	
1	malá	217,483	****	****
2	střední	220,200		****

Také efekt strojové dostavy dělí vzorky na dvě skupiny. Skupina vzorků s velkou strojovou dostavou se neliší od skupiny s malou dostavou. Stejně tak skupina s malou dostavou se neliší od skupiny se střední dostavou. Prokázaný rozdíl je pouze mezi vzorky s velkou a střední dostavou. Jedná se o rozdíl středních hodnot $6 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Nejnižší tepelnou jímavost mají vzorky s velkou dostavou, a to $214 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$, nejvyšší vzorky se střední dostavou, a to $220 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Je zřejmé, že na tepelnou jímavost má vliv další faktor, protože vzorky se střední dostavou nemají hodnoty tepelné jímavosti mezi skupinou s malou a velkou dostavou. Je to tím, že tyto vzorky mají skutečnou dostavu stejnou nebo nižší než vzorky s malou dostavou a jejich plošná hmotnost je také nižší. Čím je tedy nižší skutečná plošná hmotnost, tím vyšší je tepelná jímavost a chladnější omak.

Po porovnání vlivu jednotlivých kategorizačních proměnných je třeba porovnat vliv jejich interakce. Následující tab. 10 je tabulka homogenních skupin pro interakci strojové dostavy a kalandrování.

Tab. 10: Tabulka homogenních skupin pro kombinovaný efekt strojové dostavy a kalandrování na tepelnou jímavost

kombinace	Tukeyho test - tabulka homogenních skupin Alfa = ,05000 Error: Between MS = 73,717, df = 171,00							
	kalandrování	strojová dostava	tepelná jímavost Mean	1	2	3	4	5
1	matný	malá	208,600	****				
3	matný	velká	213,150	****	****			
6	lesklý	velká	214,250	****	****	****		
2	matný	střední	214,950	****	****	****	****	
9	velmi lesklý	velká	216,300	****	****	****	****	
4	lesklý	malá	218,950		****	****	****	****
5	lesklý	střední	222,650			****	****	****
8	velmi lesklý	střední	223,000				****	****
7	velmi lesklý	malá	224,900					****

Mezi matnými vzorky s různou dostavou není významný rozdíl v tepelné jímavosti. Ani mezi vzorky s lesklou úpravou a různými dostavami není rozdíl. Pouze střední hodnota velmi lesklého vzorku s velkou dostavou se významně liší od ostatních velmi lesklých vzorků. Je vidět, že v kombinovaném efektu změna strojové dostavy o jednu nit významně neovlivňuje tepelnou jímavost. Při porovnání vzorků se shodnou strojovou dostavou a různým stupněm kalandrování je vidět, že tepelná jímavost vzorků s velkou dostavou se nedá považovat za významně rozdílnou, stejně tak tepelná jímavost vzorků se střední dostavou. Vzorky ve skupině s malou dostavou se odlišuje matný vzorek od kalandrovaných. Jeho tepelná jímavost je $208 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$, tepelná jímavost lesklého vzorku $218 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ a velmi lesklého $224 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Je tedy vidět, že kalandrování může ovlivnit tepelnou jímavost textilie až o $16 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$, záleží však také na dalších technologických podmínkách během zušlechťovacího procesu. Z celkového pohledu lze říci, že důležitější než strojová dostava je skutečná dostava a plošná hmotnost textilie. Se zvyšující se dostavou a plošnou hmotností je omak teplejší a se zvyšujícím se stupněm kalandrování je omak chladnější. Proto má např. matný vzorek s malou dostavou shodný tepelný omak se vzorkem lesklým s velkou dostavou. Rozdíly ale nejsou příliš velké.

2.3.3.1. ANOVA pro tepelný odpor

Analýza rozptylu je provedena i pro tepelný odpor. Nezávislými proměnnými jsou opět strojová dostava a stupeň kalandrování. Postup a metody jsou stejné, jako pro tepelnou jímavost.

Ověření normality

Nejdříve je proveden S-W test pro ověření normality dat. Frekvenční tabulky s vypočítanými hodnotami testové statistiky S-W testu a p-hodnotami jsou umístěny v Příloze 5. Hodnoty testového kritéria a p-hodnoty udává tab. 11.

Tab. 11: Testové kritérium a p-hodnoty S-W testu pro tepelný odpor

Název vzorku	W	p
1 – matný 26,5	0,91219	0,07017
2 – lesklý 26,5	0,92639	0,13157
3 – velmi lesklý 26,5	0,89737	0,03682
4 – matný 27,5	0,91939	0,09643
5 – lesklý 27,5	0,90137	0,04375
6 – velmi lesklý 27,5	0,89837	0,03845
7 – matný 28,5	0,90224	0,04543
8 – lesklý 28,5	0,95191	0,39699
9 – velmi lesklý 28,5	0,91501	0,07944

P-hodnoty S-W testu nejsou pro všechny vzorky vyšší než hladina významnosti 0,05. Předpoklad o normalitě dat je tedy porušen. Pokud by se ale snížila hladina významnosti na 0,01, pak by k porušení předpokladu o normalitě dat nedošlo. Proto je možné říct, že porušení normality je mírné.

Ověření shody rozptylů

Za účelem zajištění shody rozptylů je proveden Leveneův test, jehož výsledky jsou v Příloze 5. Porovnáním testové statistiky s kritickou hodnotou, která je vyšší než testová statistika, dochází k nezamítnutí hypotézy o shodě rozptylů. Stejně tak p-

hodnota 0,124 je vyšší než hladina významnosti 0,05. Rozptyly jsou tedy pravděpodobně homogenní.

Analýza rozptylu dvojného třídění

Pomocí S-W testu bylo zjištěno mírné porušení normality dat. Leveneův test potvrdil shodu rozptylů všech porovnávaných skupin. Přestože normalita u všech vzorků nebyla potvrzena, je použita parametrická analýza rozptylu, ANOVA, jelikož není příliš citlivá na mírné porušení normality a počet měření 20 by měl zajišťovat dostatečnou robustnost výpočtu. [48, 49]

Tab. 12: Výsledky analýzy rozptylu pro tepelný odpor

Efekt	Analýza rozptylu dvojného třídění Tepelný odpor				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4848,498	1	4848,498	230559,8	0,000000
kalandrování	7,861	2	3,930	186,9	0,000000
strojová dostava	4,412	2	2,206	104,9	0,000000
kalandrování*strojová dostava	0,353	4	0,088	4,2	0,002900
Error	3,596	171	0,021		

Z tabulky s výsledky analýzy je vidět, že všechny tři zkoumané efekty jsou významné na hladině významnosti 0,05. P-hodnota pro efekt kalandrování je 0, pro strojovou dostavu je také 0 a pro kombinovaný efekt 0,0029, tzn. všechny jsou nižší než hladina významnosti 0,05. Díky tomu je zamítnuta nulová hypotéza o rovnosti středních hodnot porovnávaných skupin. Znamená to, že minimálně jedna skupina se liší od ostatních. Potvrzuje se, že strojová dostava, kalandrování i jejich kombinace má vliv na tepelný odpor plátňových vzorků za sucha.

Mnohonásobné porovnávání

Po potvrzení vlivu jednotlivých efektů na tepelný odpor jednotlivých skupin je i pro tepelný odpor provedeno mnohonásobné porovnávání pomocí Tukeyho testu. Tabulky s vypočítanými p-hodnotami jsou umístěné v Příloze 5.

Tab. 13 obsahuje vzorky seskupené do homogenních skupin, jejichž tepelný odpor se na hladině významnosti 0,05 neliší.

Tab. 13: Tabulka homogenních skupin pro efekt kalandrování na tepelný odpor

Tukeyho test - tabulka homogenních skupin alfa = ,05000 Error: Between MS = ,02103, df = 171,00					
skupina	kalandrování	tepelný odpor Mean	1	2	3
3	velmi lesklý	4,97166	****		
2	lesklý	5,12666		****	
1	matný	5,47166			****

Kalandrování dělí vzorky do tří prokazatelně rozdílných skupin s různým tepelným odporem. Matné vzorky mají tepelný odpor se střední hodnotou $5,47 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2 10^3$, lesklé o 0,345 nižší a velmi lesklé o 0,5 nižší.

Pro efekt strojové dostavy na tepelný odpor je vypracována tab. 14.

Tab. 14: Tabulka homogenních skupin pro efekt strojové dostavy na tepelný odpor

Tukeyho test - tabulka homogenních skupin alfa = ,05000 Error: Between MS = ,02103, df = 171,00					
skupina	strojová dostava	tepelný odpor Mean	1	2	3
2	střední	4,99500	****		
1	malá	5,19666		****	
3	velká	5,37833			****

Také efekt strojové dostavy dělí vzorky na tři různé skupiny. Skupina vzorků s velkou strojovou dostavou má tepelný odpor $5,38 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2 10^3$, s malou dostavou o 0,18 nižší a se střední dostavou o 0,38 nižší. Strojová dostava způsobuje pouze velmi nepatrné, přesto statisticky významné rozdíly v tepelném komfortu. Skupina se střední dostavou má nejnižší tepelný odpor. Způsobuje to variabilita technologických podmínek, díky které má tato skupina ve skutečnosti nižší nebo shodnou dostavu se skupinou s malou strojovou dostavou a také nižší plošnou hmotnost.

Nakonec následuje vyhodnocení kombinovaného efektu strojové dostavy a kalandrování na tepelný odpor pomocí tabulky homogenních skupin v tab. 15.

Tab. 15: Tabulka homogenních skupin pro kombinovaný efekt strojové dostavy a kalandrování na tepelný odpor

kombinace	Tukeyho test - tabulka homogenních skupin alfa = ,05000 Error: Between MS = ,02103, df = 171,00						
	kalandrování	strojová dostava	tepelný odpor Mean	1	2	3	4
8	velmi lesklý	střední	4,84000		****		
7	velmi lesklý	malá	4,92000		****		
5	lesklý	střední	4,94500		****		
4	lesklý	malá	5,15000	****			
9	velmi lesklý	velká	5,15500	****			
2	matný	střední	5,20000	****			
6	lesklý	velká	5,28500	****			
1	matný	malá	5,52000			****	
3	matný	velká	5,69500				****

Nejvyšší tepelný odpor má vzorek matný s velkou dostavou $5,695 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2\text{10}^3$, druhý nejteplejší vzorek je matný s malou dostavou s $5,52 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2\text{10}^3$. O něco nižší tepelný odpor mají vzorky lesklý s velkou dostavou, matný se střední dostavou, velmi lesklý s velkou dostavou a lesklý s malou dostavou. Jejich tepelný odpor se pohybuje mezi $5,15$ a $5,285 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2\text{10}^3$ a rozdíly mezi nimi nejsou statisticky významné. Nejmenší tepelný odpor má skupina vzorků lesklý se střední dostavou, velmi lesklý s malou dostavou a velmi lesklý se střední dostavou. Jejich tepelný odpor je mezi $4,84$ a $4,945 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2\text{10}^3$. Obecně lze říct, že tepelný odpor se zvyšuje se strojovou dostavou a snižuje se kalandrováním. Zvýšení dostavy o dvě útkové nitě znamená změnu tepelného odporu o přibližně $0,2 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2\text{10}^3$, což odpovídá stejné změně tepelného odporu při zvýšení kalandrování o jeden stupeň.

Pomocí analýzy rozptylu se potvrdil vliv strojové dostavy a kalandrování na tepelnou jímavost a tepelný odpor plátnových vzorků. Tento vliv ale neplatí pro všechny vzorky stejně. Je zřejmé, že proces zušlechťování má vliv na výsledné charakteristiky plošných textilií. Pokud jsou podmínky procesu změněny, dochází k různým neodhadnutelným změnám charakteristik textilií, např. dostavy a plošné hmotnosti. Proto není porovnávání vzorků podle strojové dostavy úplně přesné. Ke zjištění, které parametry jsou kromě strojové dostavy významné a jakým způsobem

působí kalandrování na tepelně komfortní vlastnosti textilií, je třeba pozorovat i ostatní zjištěné parametry textilií.

2.3.4. Tepelný odpor a tepelná jímavost za vlhka

Naměřené hodnoty tepelné jímavosti, tepelného odporu, dosažená procenta vlhkosti a další charakteristiky měřené přístrojem Alambeta při různých stupních zavlhčení jsou uloženy v Příloze 6 .

2.3.4.1. Tepelná jímavost za vlhka

Hodnoty tepelné jímavosti udávané přístrojem Alambeta není třeba upravovat. Přístroj však na displeji zobrazuje pouze hodnoty do $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Vyšší hodnoty byly dopočítány z naměřených hodnot tepelné vodivosti a teplotní vodivosti podle upraveného vztahu (22) pro tepelnou jímavost:

$$b = \sqrt{\lambda^2 / a} \quad (22)$$

Všechny získané hodnoty jsou zobrazeny graficky v podobě bodových grafů z programu Excel. V legendě každého grafu je uvedeno číslo vzorku, stupeň jeho úpravy kalandrováním a číslo udávající strojovou nastavu. Aby bylo možné porovnat vliv vlhkosti na vlastnosti suchých vzorků, jsou v grafu zobrazeny také průměrné hodnoty tepelné jímavosti pro suché vzorky měřené při 21 % relativní vlhkosti vzduchu. Od zobrazených hodnot se očekává, že zvláště vzorek bez úpravy kalandrováním by mohl vykazovat rozdílné hodnoty tepelné jímavosti při zavlhčování než vzorky kalandrované. Při měření suchých vzorků měly ty bez úpravy kalandrováním teplejší omak, tedy lze očekávat dosažení nižší tepelné jímavosti i za vlhka. Grafy pro tepelnou jímavost zobrazují hodnoty tepelné jímavosti pouze do $1600 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. To je tepelná jímavost pro povrch zalitý souvislou vodní vrstvou. Vyšší hodnoty proto nejsou zobrazeny.

Aby bylo možné charakterizovat a popsat naměřené závislosti z matematického hlediska, je zapotřebí zjistit regresní funkci závislosti tepelné jímavosti na procentu vlhkosti ve vzorcích. Vhodné je použití metody nejmenších čtverců. Ta prokládá naměřené hodnoty předem zvoleným tvarem funkce. Kvůli typickému poschod'ovitému

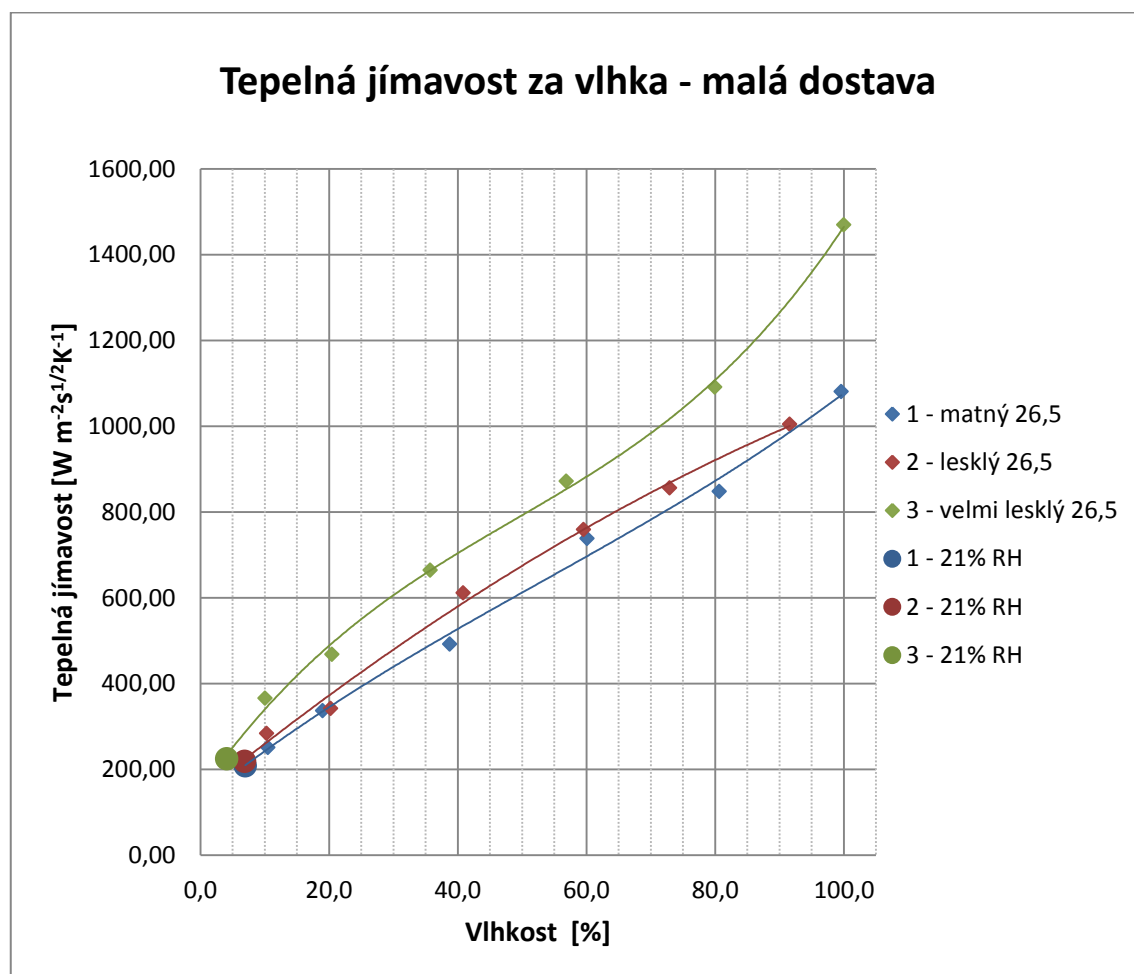
tvaru závislosti tepelné jímavosti na vlhkosti je jako regresní funkce zvolena kubická parabola. Ta má obecný tvar (23):

$$f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 \quad (23)$$

Odhady parametrů $a_0 - a_3$ značně zjednodušuje program Excel, ve kterém byly rovnice kubického polynomu vytvořeny společně s bodovým grafem. Závislou proměnnou je tepelná jímavost a nezávislou procento vlhkosti. Program kromě parametrů zobrazuje i index determinace naměřených dat a nové funkce, jehož hodnoty blíží se 1 značí vhodnost použité regresní funkce. Regresní funkce je vykreslena společně s naměřenými hodnotami v bodových grafech.

Graf pro tepelnou jímavost vzorků s malou dostavou

První graf na obr. 19 je vytvořen pro tepelnou jímavost vzorků 1 - matný, 2 - lesklý a 3 – velmi lesklý s malou strojovou dostavou 26,5 nitě.



Obr. 19: Graf tepelné jímavosti za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 26,5 nitě

Tab. 16: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelnou jímavost plátnových vzorků s dostavou 26,5 nitě za vlhka

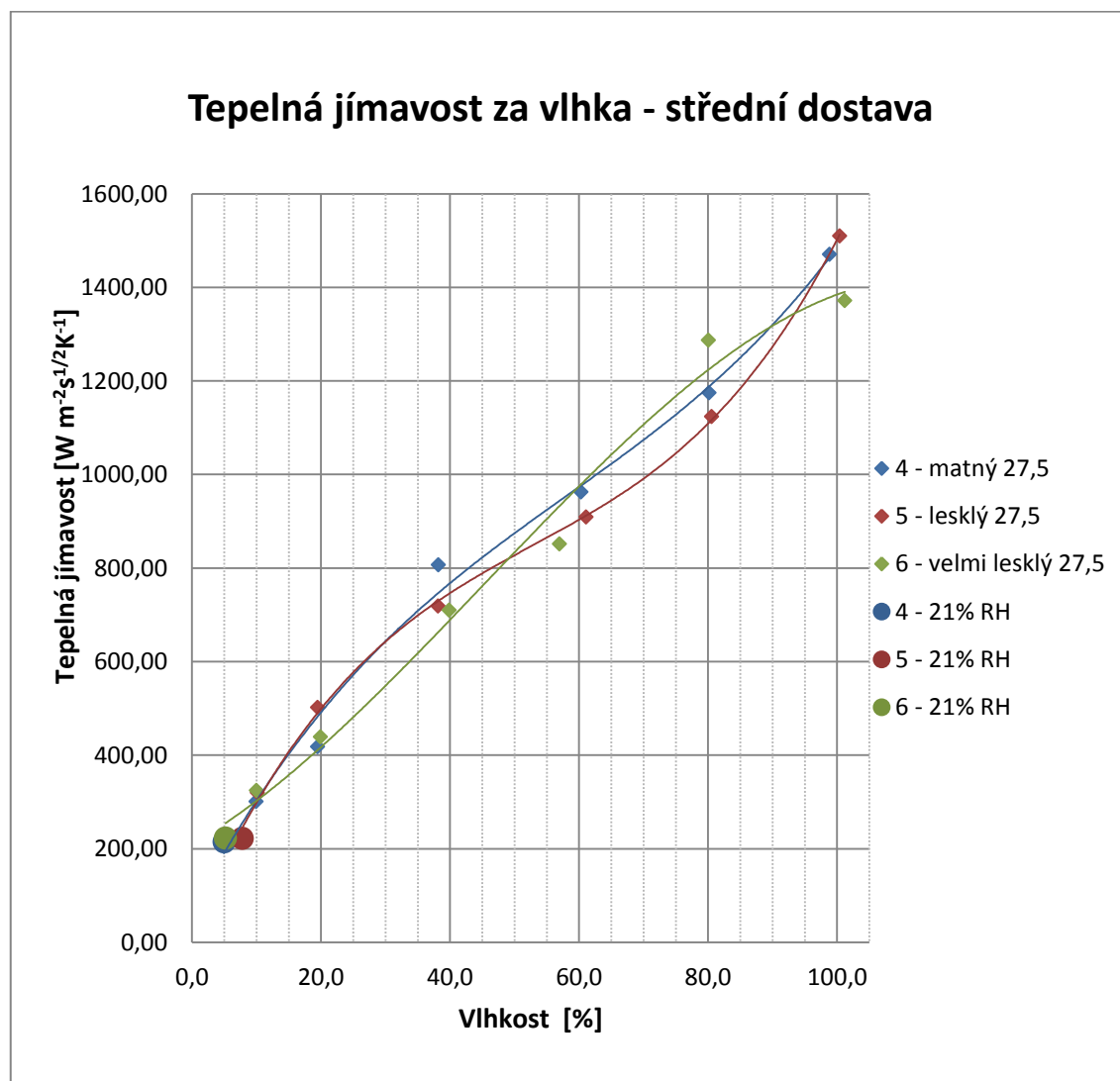
vzorek	rovnice regrese	R^2
1 – matný 26,5	$b = 0,0018.U^3 - 0,2586.U^2 + 21,367.U + 150$	0,9983
2 – lesklý 26,5	$b = -0,00001.U^3 - 0,0292.U^2 + 12,164.U + 140,67$	0,9961
3 – vel. lesklý 26,5	$b = 0,0004.U^3 - 0,0684.U^2 + 12,008.U + 128,62$	0,995

V tab. 16 jsou rovnice regrese a indexy determinace pro první skupinu vzorků. Z grafu jsou vidět průběhy změn tepelné jímavosti při vysoušení vzorků. Vzorky 1 – matný a 2 – lesklý mají značně odlišnou tepelnou jímavost než vzorek 3 – velmi lesklý. Mezi vzorky 1 a 2 však jsou mnohem menší rozdíly. Proto by nemuselo jít pouze o vliv kalandrování. Buď byly vzorky upraveny neznámou úpravou, nebo neodpovídá jejich složení udávané výrobcem. Rozdíly v tepelné jímavosti by mohly být způsobeny vyšším podílem vlněných vláken. Tomu by odpovídalo i to, že za sucha obsahují vyšší procento vlhkosti než vzorek 3. Jinak má ale průběh funkce typický tvar charakteristický pozvolnějším stoupáním tepelné jímavosti v prostřední části grafu, cca mezi 40 – 80 %. Je vidět, že se zavlhčováním stoupá velmi prudce tepelná jímavost. Za sucha má vzorek 3 – velmi lesklý průměrnou tepelnou jímavost $225 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Při 10 % zavlhčení stoupá tepelná jímavost až na $366 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. K těmto zavlhčením může docházet při běžné činnosti následkem pocení. Takové zavlhčení způsobuje velmi znatelné ochlazení textilie. Je to dáno tím, že vody má mnohem vyšší tepelnou vodivost než textilní vlákna a vzduch, který obsahují textilie ve své struktuře. Tím, že je vzduch vlhkostí vytlačován, dochází k rychlému nárůstu tepelné jímavosti. Mezi 10 % a 20 % je nárůst tepelné jímavosti na $468 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Po tuto hranici platí, že vlhkost textilie je vlhkost, kterou jsou na sebe schopny chemicky vázat hydrofilní vlákna. Od těchto procent se začíná vlhkost vázat mechanicky na povrch vláken a postupně zalévat povrch textilie. Ještě před 40 % zavlhčení dosahuje tepelná jímavost $664 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$, před 60 % $872 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Na 80 % překračuje hranici $1000 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ a při 100 % se přibližuje $1600 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Takových zavlhčení není možné dosáhnout sorpcí ze vzduchu. Jedná se o zavlhčení dosažených smočením textilií, při kterém je na povrchu

vytvořen souvislý film, např. při prudkém dešti. Vzorky 1- matný a 2 - lesklý mají velmi významně nižší tepelnou jímavost a to pro různá procenta i o více než $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{1/2}\cdot\text{K}^{-1}$. Není však jisté, že je tak dosaženo kalandrováním.

Graf pro tepelnou jímavost vzorků se střední dostavou

Další graf na obr. 20 je pro tepelnou jímavost vzorků 4 - matný, 5 - lesklý a 6 – velmi lesklý se strojovou dostavou 27,5 nitě za vlhka. V tab. 17 jsou uvedeny rovnice regrese a indexy determinace pro tuto skupinu vzorků.



Obr. 20: Graf tepelné jímavosti za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 27,5 nitě

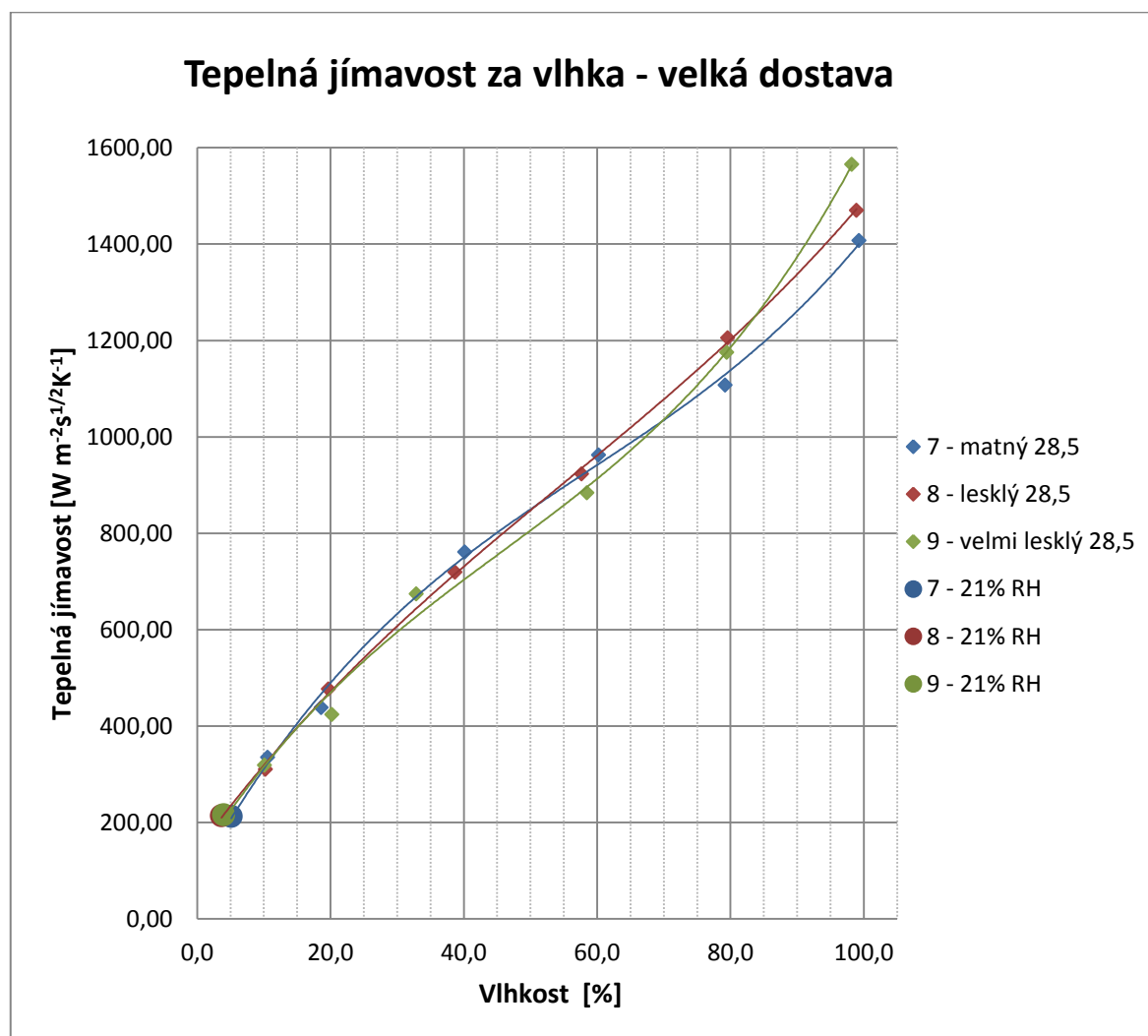
Tab. 17: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelnou jímavost plátňových vzorků s dostavou 27,5 nitě za vlhka

vzorek	rovnice regrese	R^2
4 – matný 27,5	$b = 0,0016.U^3 - 0,2833.U^2 + 26,243.U + 67,296$	0,9934
5 – lesklý 27,5	$b = 0,0029.U^3 - 0,4607.U^2 + 31,88.U + 22,982$	0,9991
6 – vel. lesklý 27,5	$b = -0,0011.U^3 + 0,1434.U^2 + 7,929.U + 210,08$	0,9893

Graf pro tepelnou jímavost vzorků se střední dostavou je odlišný od grafu pro vzorky s malou dostavou. Matný a lesklý vzorek nevykazují tak výrazně odlišný průběh. Při bližším pozorování však lze sledovat jisté rozdíly. Matný vzorek číslo 4 měl za sucha nižší jímavost než kalandrované vzorky číslo 5 a 6, které se od sebe nelišily. Na 10 % vlhkosti jsou rozdíly mezi vzorky téměř shodné, avšak vyšší o cca $100 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Také na 20 % zavlhčení platí, že matný vzorek má mírně teplejší omak než kalandrované. Dochází k dalšímu zvýšení jímavosti o více než $100 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Lesklý vzorek má v tomto místě podstatně vyšší jímavost. Do 60 % zavlhčení stoupá tepelná jímavost na hodnoty vyšší než $900 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Mezi 40 % a 60 % dochází k zajímavému efektu, kdy matný vzorek předbíhá v hodnotách jímavosti kalandrované vzorky. Od velmi lesklého se liší o cca $100 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. To znamená velmi podstatný rozdíl. Také lesklý vzorek má v této oblasti nižší hodnoty než velmi lesklý. Mohlo by jít o efekt způsobený kalandrováním. Na 80 % zavlhčení bylo dosaženo hodnot kolem $1200 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ a na 100 % až $1500 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$.

Graf pro tepelnou jímavost vzorků s velkou dostavou

Třetí graf na obr. 21 je pro tepelnou jímavost vzorků 7 - matný, 8 - lesklý a 9 – velmi lesklý s velkou dostavou 28,5 nití. V tab. 18 jsou pak rovnice regrese a indexy determinace.



Obr. 21: Graf tepelné jímavosti za vlhka pro plátnové vzorky s dostavou 28,5 nitě

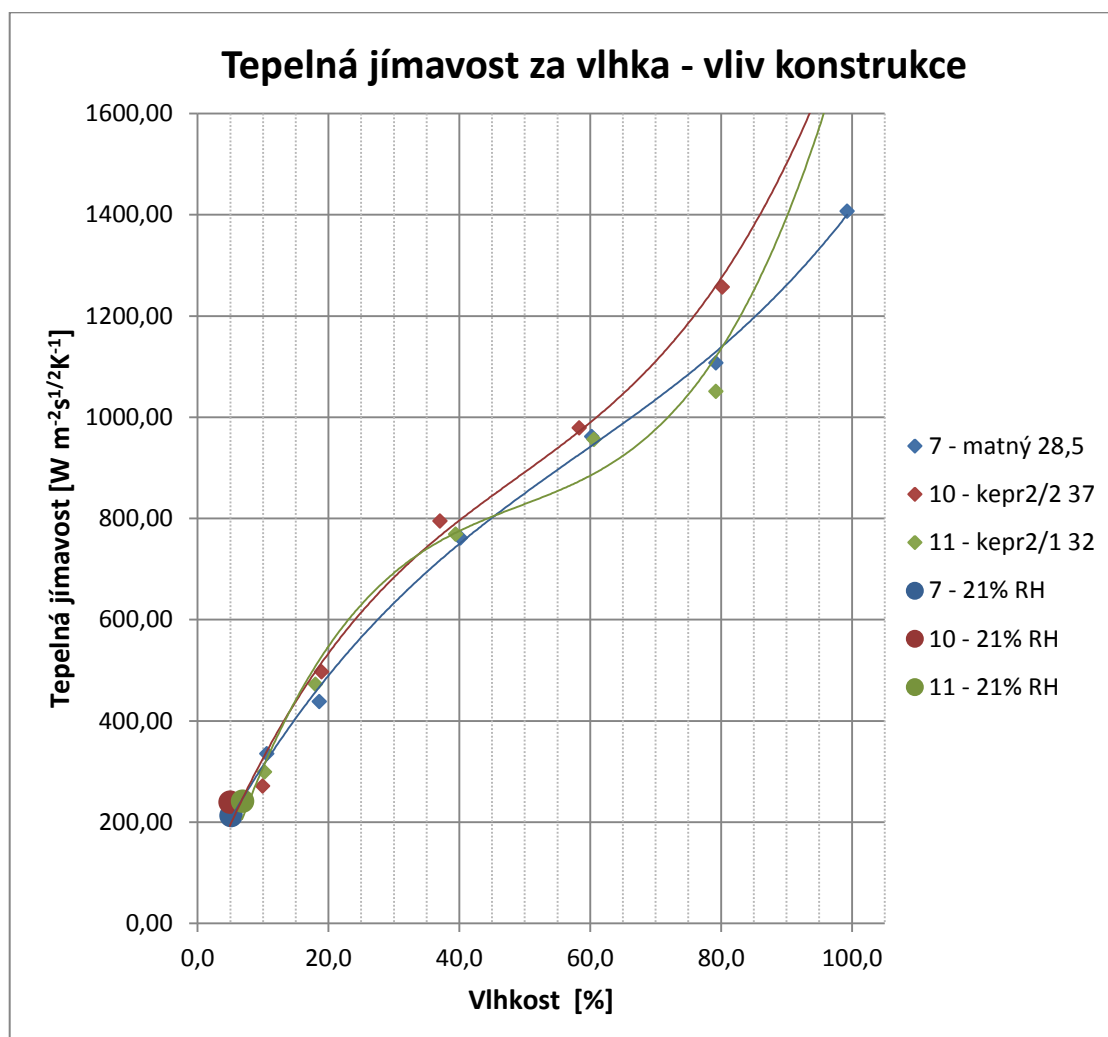
Tab. 18: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelnou jímavost plátnových vzorků s dostavou 28,5 nitě za vlhka

vzorek	rovnice regrese	R ²
7 – matný 28,5	$b = 0,0015.U^3 - 0,2675.U^2 + 24,804.U + 88,448$	0,9983
8 – lesklý 28,5	$b = 0,0008.U^3 - 0,1338.U^2 + 18,741.U + 143,58$	0,9996
9 – vel. lesklý 28,5	$b = 0,0018.U^3 - 0,2502.U^2 + 21,593.U + 122,92$	0,9967

Z grafu pro vzorky s velkou dostavou je vidět shodný průběh funkce jako u předchozích vzorků. Tepelné jímavosti těchto vzorků za sucha se od sebe nelišily, proto není jisté, jestli budou viditelné rozdíly při zavlhčení. Při 10 % zavlhčení jsou skutečně tepelné jímavosti téměř shodné. Mírně vyšší tepelnou jímavost má matný vzorek, následuje vzorek velmi lesklý a vzorek lesklý. Mezi suchými měřeními a 10 % je opět nárůst cca $100 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Dalšíh $100 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ znamená nárůst mezi 10 % a 20 %. Na 20 % zavlhčení je tepelná jímavost matného vzorku velmi mírně vyšší než velmi lesklého vzorku. Lesklý vzorek má naproti tomu vyšší tepelnou jímavost než zbylé dva a to o $50 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Podobný úkaz nastal i u přechozího grafu pro toto procento vlhkosti. Mezi 40 % a 60 % je vidět stejný efekt jako u přechozího grafu. Matný vzorek má vyšší tepelnou jímavost než kalandrované až o $80 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$ oproti velmi lesklému vzorku. Na 80 % je matný vzorek pod kalandrovanými a při 100 % dosahuje pouze $1400 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$, zatímco velmi lesklý má hodnotu blížíci se $1600 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$.

Graf pro tepelnou jímavost vzorků s různou vazbou

Poslední graf tepelné jímavosti za vlhka porovnává vzorky 7 – matný a oba keprové vzorky 10 a 11 na obr. 22. V tab. 19 jsou příslušné rovnice a indexy.



Obr. 22: Graf tepelné jímavosti za vlhka pro vzorky s různou dostavou

Tab. 19: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelnou jímavost vzorků s různou vazbou

vzorek	rovnice regrese	R^2
7 – matný 28,5	$b = 0,0015.U^3 - 0,2675.U^2 + 24,804.U + 88,448$	0,9983
10 – kepr2/2 37	$b = 0,0039.U^3 - 0,5841.U^2 + 38,016.U - 24,465$	0,9988
11 – kepr2/1 32	$b = 0,0048.U^3 - 0,6809.U^2 + 38,209.U + 15,544$	0,9889

Při porovnání vlivu vazby na tepelnou jímavost lze pozorovat, že kalandrované vzorky měly za sucha vyšší tepelnou jímavost než plátňový vzorek. Z průběhu

vysoušení je vidět, že všechny tři vzorky mají téměř shodný průběh hodnot tepelné jímavosti. Zejména mezi 40 % – 60 % zavlhčení se hodnoty téměř překrývají. Pouze vzorek 10 – kepr2/2 má lehce vyšší hodnoty v důsledku vyšší dostavy než zbylé dva vzorky. To je důkaz, že při takto shodné vlákenné surovině a podobné dostavě nezáleží výrazně na použité vazbě. Nekalandrované vzorky mají shodné průběhy tepelných jímavostí až do 60 % zavlhčení. Rozdíly nastávají až při 80 % a 100 % zavlhčení a souvisí zřejmě s úplným zaléváním povrchu tkanin vodou, který u každé vazby a tloušťky vzorku probíhá v jiném místě grafu. Povrch keprových vzorků se zalívá dříve, protože na 80 % u nich dochází k velmi prudkému vzrůstu jímavosti, která na 100 % není ani zobrazena, protože vypočítané hodnoty by přesáhly maximální hranici $1600 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$.

Z grafů tepelné jímavosti za vlhka jsou vidět některé zajímavé efekty. Vzorkům 1 – matný 26,5 a 2 – lesklý 26,5 byly naměřeny výrazně nižší hodnoty tepelné jímavosti oproti ostatním vzorkům. Vzhledem k tomu, že tento efekt se u ostatních skupin nepotvrdil, nejedná se s největší pravděpodobností o důsledek kalandrování a tyto vzorky nelze s ostatními porovnat. U těchto vzorků byly za vlhka také zjištěny vyšší hodnoty tloušťky a z tohoto důvodu je nižší tepelná jímavost. U ostatních skupin mají nekalandrované vzorky za sucha lehce nižší tepelné jímavosti než kalandrované. Je to z toho důvodu, že kalandrování ztenčuje vzorky, proto jsou matné vzorky tlustší, což zvyšuje tepelnou jímavost. Také by to mohlo být z důvodu poškození šupinek vlněných vláken, pozorovaného mikroskopem. V oblasti mezi 10 % - 20 % jsou vzorky seřazeny nepravidelně. Závisí to také na jejich tepelné jímavosti za sucha. Mezi 40 % - 80 % se ukázal zajímavý efekt, kdy tepelná jímavost matných vzorků vzroste více než u kalandrovaných vzorků. V této oblasti dochází k postupnému zalévání mezivlákných prostor vlhkostí. Proto má tato oblast nejpozvolnější sklon. Vyšší jímavost nekalandrovaných vzorků je způsobena chemickými změnami, které nastávají u kalandrovaných vlivem působení tepla a tlaku. Kalandrování má vliv na chemické vlastnosti vlněných vláken tím, že definitivně odstraňuje molekuly vody ze struktury vlákna a ničí vodíkové můstky, které jsou schopny vázat vodu. Snižují tedy hydrofilitu vláken. Nekalandrované vzorky jsou tedy schopny absorbovat více vlhkosti do struktury vláken, čímž se zvyšuje bobtnání vláken, obsah vlhkosti a jímavost. Kalandrování má

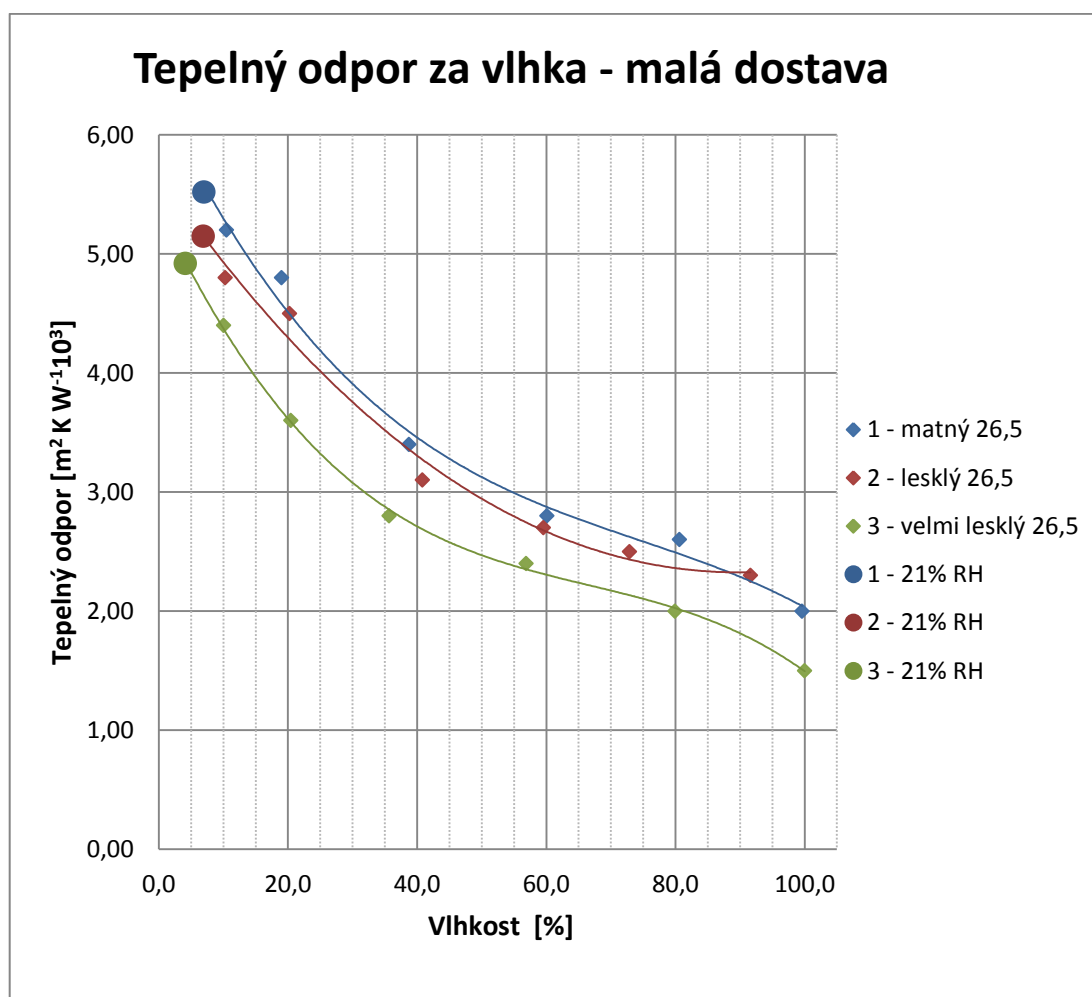
tedy pravděpodobně vliv na tepelnou jímavost za vlhka. Ovlivňuje průběh vysoušení vzorků a tím i průběh křivky tepelné jímavosti. Tento efekt by bylo možné více prozkoumat pouze v klimatizované laboratoři, protože takto malé rozdíly v hodnotách jímavosti nelze spolehlivě zachytit na vzorcích měřených při měnících se podmínkách.

2.3.4.2. Tepelný odpor za vlhka

Bodové grafy s proloženou regresní funkcí jsou zhotoveny také pro tepelný odpor plátnových vzorků. Jako funkce byla opět zvolena kubická parabola.

Graf tepelného odporu pro plátnové vzorky s malou dostavou

První graf na obr. 23 porovnává vzorky 1 – matný, 2 – lesklý a 3 – velmi lesklý se strojovou dostavou 26,5 nitě. Odpovídající regresní funkce jsou v tab. 20.



Obr. 23: Graf tepelného odporu za vlhka pro plátnové vzorky s dostavou 26,5 nitě

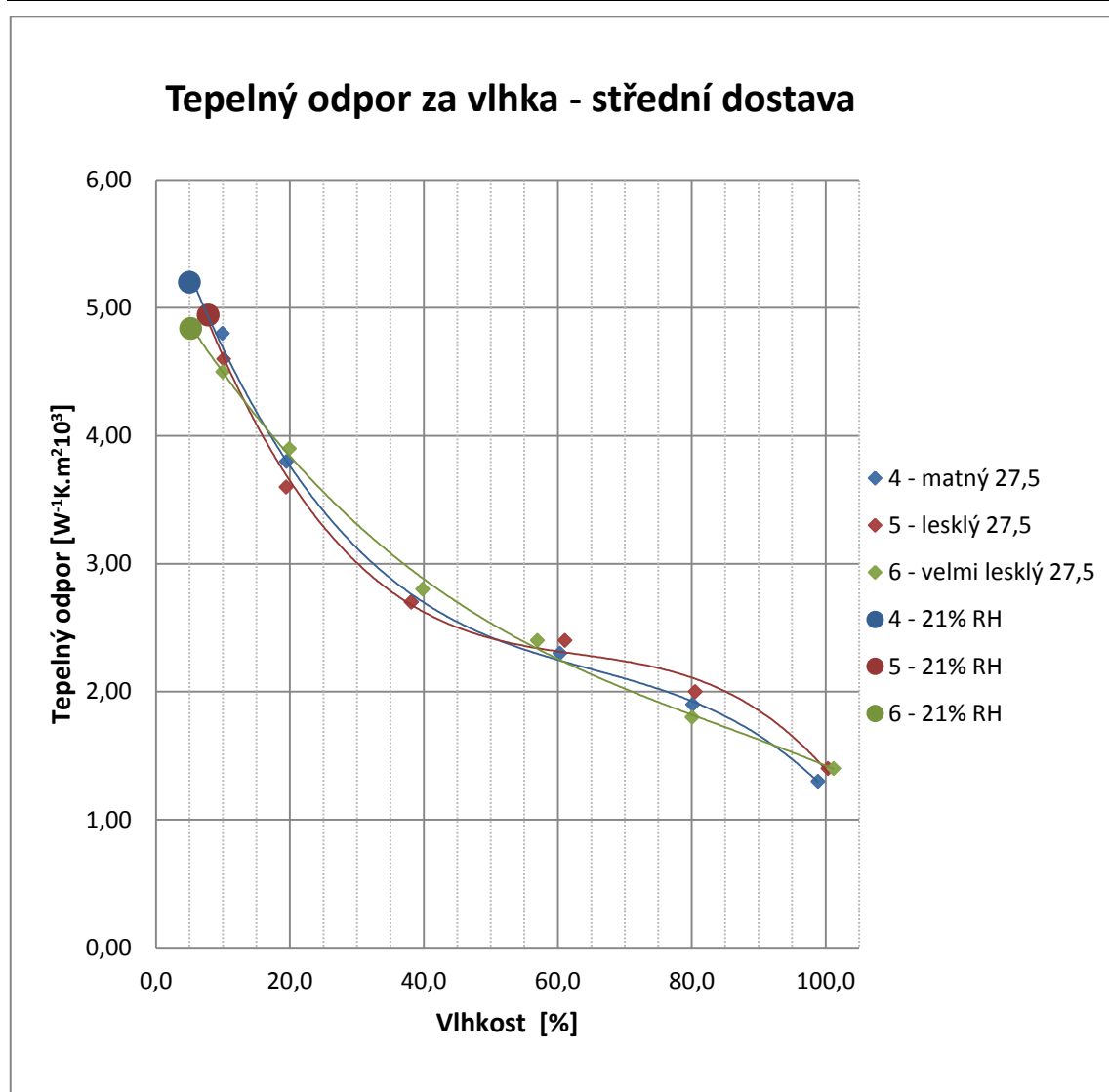
Tab. 20: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelný odpor vzorků s malou dostavou

vzorek	rovnice regrese	R ²
1 – matný 26,5	$R_{ct} = -0,000006.U^3 + 0,0013.U^2 - 0,1129.U + 6,3062$	0,9925
2 – lesklý 26,5	$R_{ct} = -0,0000004.U^3 + 0,0005.U^2 - 0,0779.U + 5,6603$	0,989
3 – vel. lesklý 26,5	$R_{ct} = -0,000008.U^3 + 0,0016.U^2 - 0,1169.U + 5,3934$	0,9992

Tepelný odpor vzorků 1 – matný a 2 – lesklý je výrazně vyšší než u vzorku 3 – velmi lesklý. Stejně jako u tepelné jímavosti je to způsobeno také vyšší naměřenou tloušťkou vzorků. Oba vzorky měly v suchém stavu vyšší procento vlhkosti. Je tedy možné, že obsahují vyšší podíl vlněných vláken, který by mohl zvyšovat tepelný odpor. Jedná se o neznámý efekt, který pravděpodobně není způsoben kalandrováním.

Graf tepelného odporu pro plátňové vzorky se střední dostavou

Graf na obr. 24 porovnává vzorky 4 – matný, 5 – lesklý a 6 – velmi lesklý se strojovou dostavou 27,5 nitě. Rovnice regrese a determinační indexy jsou uvedeny v tab. 21.



Obr. 24 : Graf tepelného odporu za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 27,5 nitě

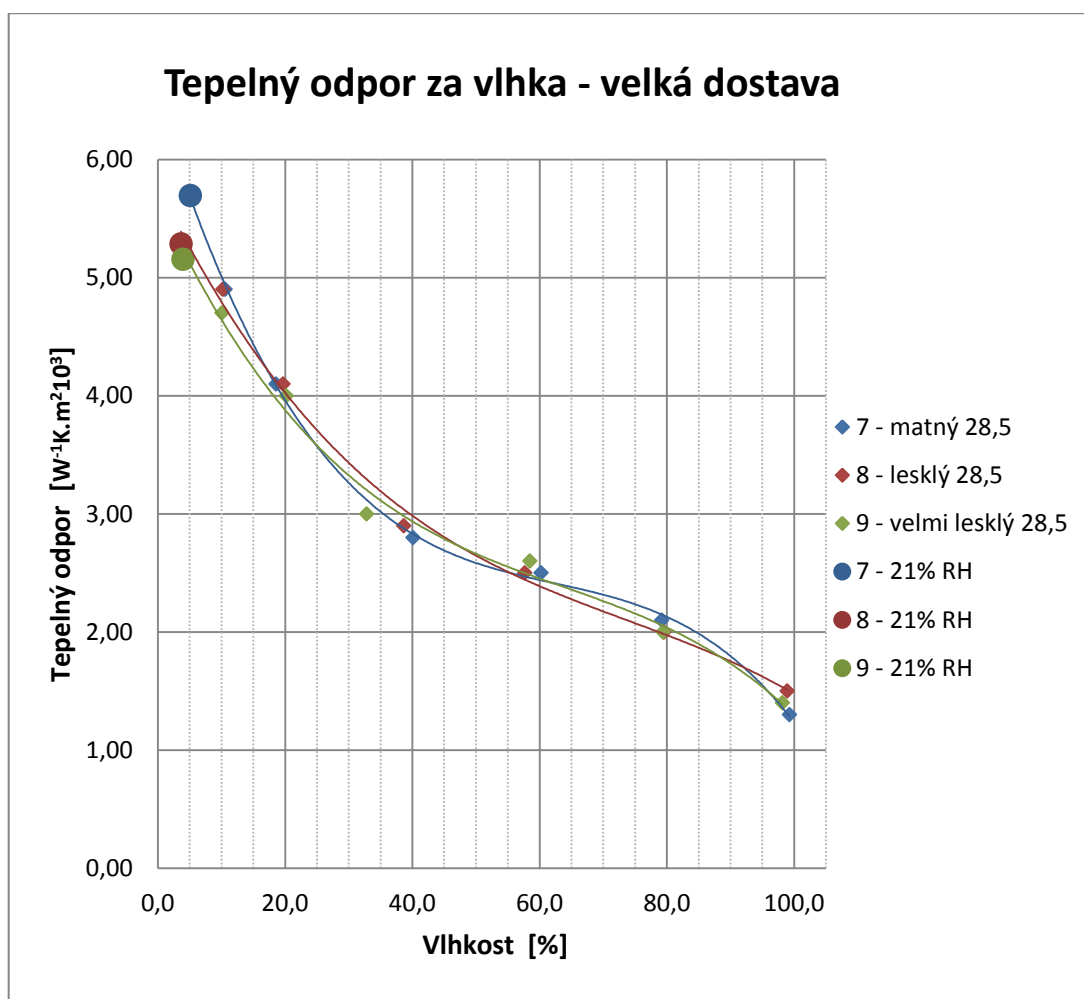
Tab. 21: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelný odpor vzorků se střední dostavou

vzorek	rovnice regrese	R^2
4 – matný 27,5	$R_{ct} = -0,00001.U^3 + 0,002.U^2 - 0,1451.U + 5,9453$	0,9982
5 – lesklý 27,5	$R_{ct} = -0,00001.U^3 + 0,0024.U^2 - 0,1615.U + 6,0075$	0,997
6 – vel. lesklý 27,5	$R_{ct} = -0,000003.U^3 + 0,0008.U^2 - 0,087.U + 5,2883$	0,9986

Tepelný odpor této skupiny vzorků byl za sucha nejvyšší pro matný vzorek. Pro lesklý vzorek byl nižší a pro velmi lesklý vzorek nejnižší. Toto pořadí je shodné i při 10 % zavlhčení. Tepelný odpor tam klesá pro matný vzorek z 5,2 na 4,8 $W^{-1}K.m^2.10^3$, pro lesklý vzorek z 4,95 na 4,6 $W^{-1}K.m^2.10^3$ a pro velmi lesklý z 4,84 na 4,5 $W^{-1}K.m^2.10^3$. Na 20 % vlhkosti klesají tepelné odpory pod 3,9 $W^{-1}K.m^2.10^3$. Odpor matného vzorku klesá až pod velmi lesklý vzorek. Při 40 % a 60 % zavlhčení klesají dále na 2,4 $W^{-1}K.m^2.10^3$ a rozdíly mezi vzorky nejsou rozeznatelné. Podobně je tomu i u 80 % a 100 %, kde mají vzorky tepelný odpor jen 1,4 $W^{-1}K.m^2.10^3$.

Graf tepelného odporu pro plátňové vzorky s velkou dostavou

Na obr. 25 je graf tepelného odporu za vlhka pro plátňové vzorky s velkou dostavou. Související indexy determinace obsahuje tab. 22.



Obr. 25 : Graf tepelného odporu za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 28,5 nitě

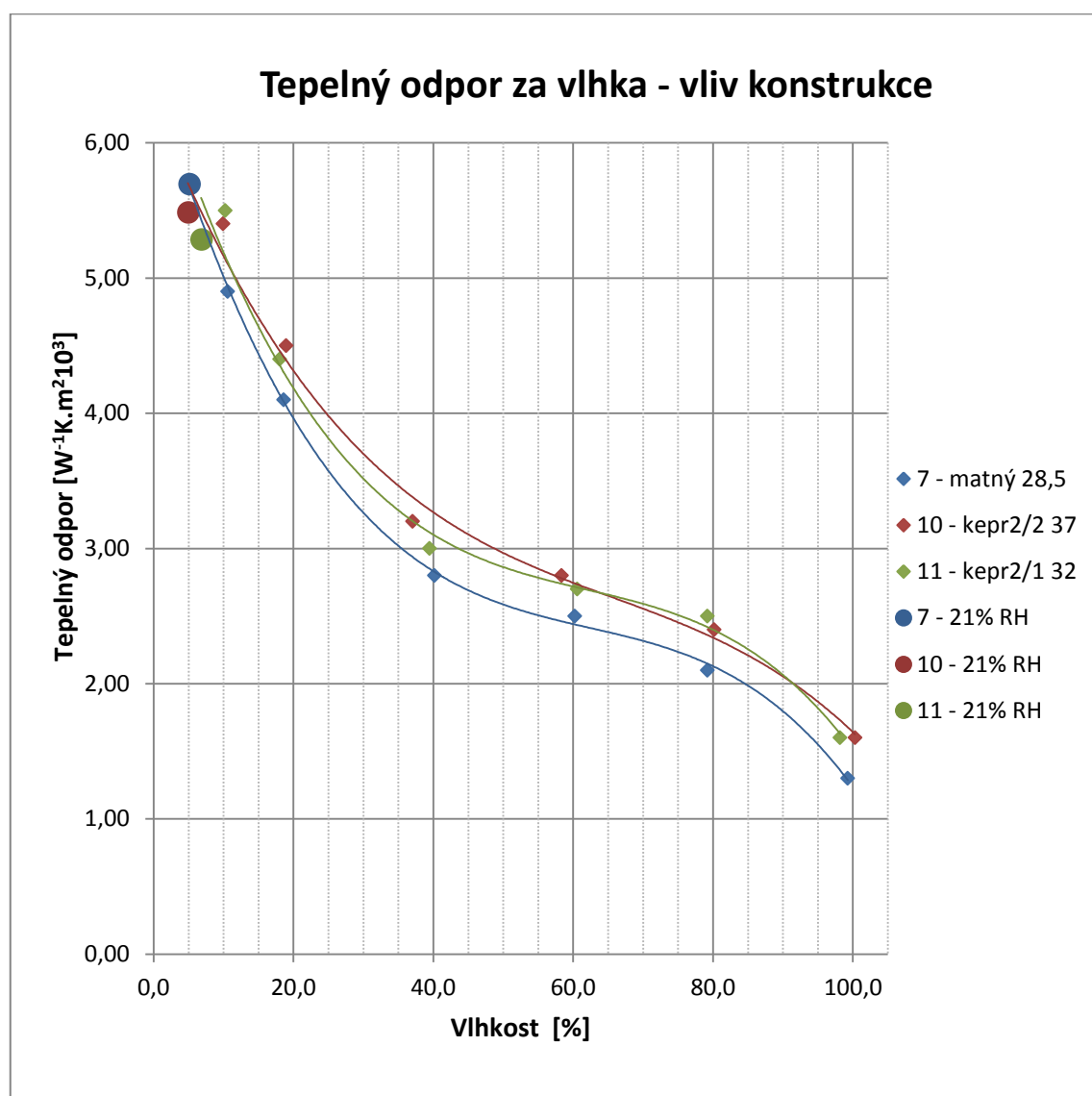
Tab. 22: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelný odpor vzorků s velkou dostavou

vzorek	rovnice regrese	R^2
7 – matný 28,5	$R_{ct} = -0,00001U^3 + 0,0026U^2 - 0,1724U + 6,4904$	0,9994
8 – lesklý 28,5	$R_{ct} = -0,000005U^3 + 0,0012U^2 - 0,1095U + 5,7746$	0,9961
9 – vel. lesklý 28,5	$R_{ct} = -0,000008U^3 + 0,0015U^2 - 0,1173U + 5,6714$	0,9929

Stejně, jako u předchozího grafu je vidět typický sklon křivky tepelného odporu při zavlhčování. Ten se skládá z prudké části, kdy se prudce zvyšuje vodivost vzorků. Dále z pozvolné části, kde dochází k zaplňování mezivláknových prostor vlhkostí a z třetí prudké části dané úplným zaléváním povrchu textilií. Za sucha měl nekalandrovaný vzorek nejvyšší tepelný odpor $5,7 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^210^3$. Lesklý a velmi lesklý vzorek měly jen $5,29$ a $5,16 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^210^3$. Při 10 % zavlhčení klesá odpor matného vzorku na úroveň lesklého a to $4,9 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^210^3$, zatímco velmi lesklý vzorek má $4,7 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^210^3$. Při 20 % jsou tepelné odpory vzorků téměř shodné a to $4 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^210^3$. Téměř shodné tepelné odpory mají i při dalších procentech vlhkosti až klesnou na hodnoty kolem $1,5 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^210^3$ pro 100 % zavlhčení.

Graf pro tepelný odpor vzorků s různou vazbou

Na obr. 26 je graf tepelného odporu vzorků, které mají rozdílné vazby.



Obr. 26 : Graf tepelného odporu za vlhka pro vzorky s rozdílnou vazbou

Tab. 23: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelný odpor vzorků s rozdílnou vazbou

vzorek	rovnice regrese	R^2
7 – matný 28,5	$R_{ct} = -0,00001.U^3 + 0,0026.U^2 - 0,1724.U + 6,4904$	0,9994
10 – kepr2/2 37	$R_{ct} = -0,00001.U^3 + 0,0025.U^2 - 0,165.U + 6,6044$	0,9828
11 – kepr2/1 32	$R_{ct} = -0,000009.U^3 + 0,0017.U^2 - 0,1292.U + 6,2954$	0,9894

Z grafu, který porovnává konstrukci vzorků, je vidět rozdíly v tepelných odporech vzorků. Vzorky s nižší dostavou, tloušťkou a plošnou hmotností mají i nižší tepelný odpor. Tvar všech tří závislostí je shodný, protože není ovlivněn kalandrováním. Rozdíl mezi keprem2/2 a matným vzorkem je téměř ve všech zavlhčeních cca $0,3 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2 10^3$.

Při měření zavlhčených vzorků se objevily některé zajímavé efekty. Rozdílné hodnoty u vzorků 1 – matný a 2 – lesklý nejsou porovnávány s ostatními, jelikož tento efekt se u ostatních měření nepotvrdil. U ostatních skupin se ukázalo, že od 20 % vlhkosti se stírají rozdíly v tepelné jímavosti, které jsou za sucha mezi matnými a kalandrovanými vzorky. Matné vzorky mají za sucha vyšší tepelný odpor zřejmě způsobený nepoškozenými vlněnými vlákny a také vyšší tloušťkou. Za vlhka se však jejich tepelný odpor sníží na úroveň kalandrovaných. Tím došlo k opačnému efektu, než byl očekáván. Vlněné textilie totiž mají obecně vyšší tepelný odpor i při zavlhčování. U těchto vzorků je však podíl vlny natolik malý, že za vlhka nezvýší výrazně tepelný odpor oproti kalandrovaným vzorkům. Vysvětlení toho, proč se tepelný odpor nekalandrovaných a kalandrovaných vzorků při působení vyšších stupňů vlhkosti neliší, může být následující. Při vysokých stupních zavlhčení jsou póry vyplněné vodou, která má podstatně vyšší tepelnou vodivost než textilie. Voda přebíje ostatní efekty. Když ale desorpční proces dosáhne procenta vlhkosti, při kterém je vlhkost absorbována hmotou vlákna a nepokrývá povrch vláken, začnou se projevovat ostatní efekty, jako je poškození vlněného podílu vlivem kalandrování. Nepoškozená vlněná vlákna způsobují v textilií při nižších procentech zlepšený tepelný odpor díky hydrofobním šupinkám na povrchu. Nelze přesně určit, které procento znamená zlom v chování tepelného odporu. Jedná se o procento mezi 20 % a 40 %, což odpovídá odhadovaným absorpčním vlastnostem těchto vlnářských tkanin. Pro přesné určení by bylo zapotřebí dalších měření.

2.3.5. Prodyšnost

Všechny hodnoty prodyšnosti za sucha získané měřením jsou umístěny v Příloze 7.

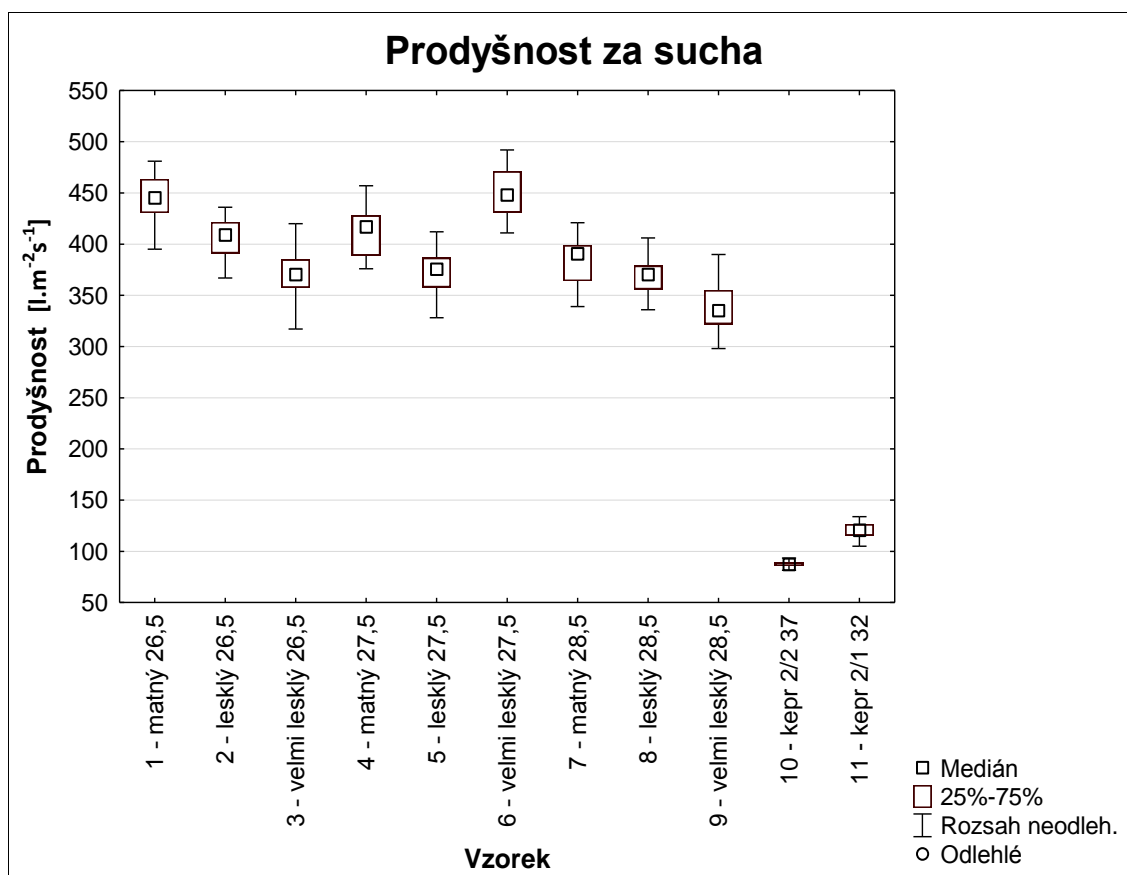
2.3.5.1. Popisná statistika pro prodyšnost

V tab. 24 jsou uvedeny údaje popisné statistiky pro prodyšnost vzorků za sucha. Tabulka obsahuje hodnoty průměrů, intervaly spolehlivosti, mediány, minimální a maximální hodnoty a směrodatnou odchylku. Hodnoty jsou udávány v jednotkách $\text{l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Tab. 24: Popisná statistika pro prodyšnost

Název vzorku	N	Průměr	Interval spolehlivosti <-95%; 95%>	Medián	Min.	Max.	Směr. odchylka
vše	220	341,5	<325,8; 357,3>	379,5	81,5	92,0	118,7
1 – matný 26,5	20	443,7	<432,3; 455,1>	445,0	395	481	24,4
2 – lesklý 26,5	20	405,9	<396,5; 415,2>	409,0	367	436	20,0
3 – vel. lesklý 26,5	20	372,2	<361,5; 382,8>	370,5	317	420	22,8
4 – matný 27,5	20	412,8	<401,7; 423,9>	417,0	376	457	23,8
5 – lesklý 27,5	20	372,2	<361,9; 382,4>	375,5	328	412	21,9
6 – vel. lesklý 27,5	20	451,3	<439,9; 462,7>	448,0	411	492	24,4
7 – matný 28,5	20	383,8	<372,9; 394,6>	390,5	339	421	23,2
8 – lesklý 28,5	20	369,3	<359,8; 378,7>	370,5	336	406	20,2
9 – vel. lesklý 28,5	20	338,2	<326,4; 349,9>	335,0	298	390	25,1
10 – kepr2/2 37	20	87,4	<86,1; 88,7>	87,4	81,5	93,5	2,9
11 – kepr2/1 32	20	120,5	<117; 123,9>	120,5	105	134	7,4

Přehledně jsou hodnoty zobrazeny pomocí krabicového grafu na obr. 27 pro prodyšnost vzorků z programu Statistica 10. Obsahuje údaje o mediánu, horním a dolním kvantilu, ostatních neodlehých hodnotách a odlehých hodnotách či extrémech.



Obr. 27: Krabicový graf pro prodyšnost za sucha

V grafu lze pozorovat naměřená data. V měření se nevyskytly odlehlé hodnoty. Dle šířky krabic a umístění mediánu lze předpokládat, že data pocházejí z normálního rozdělení a jejich rozptyly jsou podobné. Keprové vzorky mají oproti plátňovým velmi úzké boxy. Dá se předpokládat vliv dostavy na variabilitu prodyšnosti. Čím hustší vazba, tím více se zabraňuje nechtěnému posuvu nití během výrobního procesu, vzniku nestejnomyšernosti v hustotě vazby a tím pádem k variabilním měřením prodyšnosti.

Z grafu je vidět, že keprové vzorky vykazují pro svoji konstrukci a tím pádem i vyšší plošnou hmotnost značně nižší prodyšnost. Nesplnilo se očekávání, že keprové

vzorky budou mít vyšší prodyšnost, protože jejich vazba má delší neprovázané úseky. Díky tomu, že jsou tkané keprovou vazbou o malé střídě vazby, jsou protkané hustě a prodyšnost není vyšší než u plátňových. Rozdíl v prodyšnosti mezi keprem 2/2 a keprem 2/1 není příliš vysoký, ale rozdíl mezi těmito vzorky a vzorkem 7 - matný, který je také bez úpravy kalandrováním, je velmi výrazný. Můžeme říct, že plátňová vazba má vyšší prodyšnost než keprová, která více zakrývá vazné body. Rozmístění většiny boxů pro plátňové vzorky do jisté míry potvrzuje očekávání, že kalandrované vzorky vykazují se zvyšujícím se stupněm kalandrování nižší prodyšnost v důsledku zploštění vazných bodů a vyplnění mezivazebních prostor. S kalandrováním však mírně vzrůstá i plošná hmotnost vzorků, což by mohlo znamenat, že prodyšnost je určována pouze plošnou hmotností. Tomu by také odpovídala prodyšnost vzorku 6 - velmi lesklý, který má značně vyšší prodyšnost z důvodu nejnižší plošné hmotnosti. Naopak vzorky se středně hustou strojovou dostavou 4 - matný, 5 - lesklý a 6 - velmi lesklý vykazují prodyšnost spíše odpovídající strojové dostavě než plošné hmotnosti a skutečné dostavě, která byla zjištěna nižší než u skupiny s malou strojovou dostavou.

2.3.5.2. ANOVA pro prodyšnost

Pro otestování vlivu kalandrování a strojové dostavy na prodyšnost plátňových vzorků, je opět použita dvoufaktorová ANOVA v programu Statistica 10. Její výpočet se shoduje s postupem výpočtu pro tepelnou jímavost v kapitole 2.3.3.3.

Ověření normality

Nejprve je testována normalita dat pomocí S-W testu. Hodnoty testové statistiky a p-hodnoty jsou umístěny společně s frekvenčními tabulkami v Příloze 8. Vypočítané hodnoty jsou v tab. 25.

Tab. 25: Testové kritérium a p-hodnoty S-W testu pro prodyšnost

Název vzorku	W	p
1 – matný 26,5	0,96632	0,67602
2 – lesklý 26,5	0,95883	0,52080
3 – velmi lesklý 26,5	0,98120	0,94864
4 – matný 27,5	0,95923	0,52865

5 – lesklý 27,5	0,97887	0,91867
6 – velmi lesklý 27,5	0,95710	0,48759
7 – matný 28,5	0,92692	0,13469
8 – lesklý 28,5	0,96272	0,59941
9 – velmi lesklý 28,5	0,97132	0,78244

P-hodnoty S-W testu jsou pro všechny vzorky vyšší než hladina významnosti 0,05. Je tedy splněn předpoklad o normalitě dat.

Ověření shody rozptylů

Shoda rozptylů je testována pomocí Leveneova testu, jehož výsledky jsou v Příloze 8. Porovnáním testové statistiky s kritickou hodnotou, která je vyšší než testová statistika, není zamítnuta hypotéza o shodě rozptylů. Stejně tak p-hodnota 0,966 je vyšší než hladina významnosti 0,05. Rozptyly jsou považovány za shodné.

Analýza rozptylu dvojného třídění

Díky splnění obou podmínek lze provést parametrickou analýzu rozptylu. Závislou proměnnou je prodyšnost, hlavními efekty je kalandrování a strojová dostava a vedlejším efektem je jejich kombinace. Výsledky testu jsou v tab. 26.

Tab. 26: Výsledky analýzy rozptylu pro prodyšnost

Efekt	Analýza rozptylu dvojného třídění Prodyšnost				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	27991357	1	27991357	53174,54	0,000000
kalandrování	33424	2	16712	31,75	0,000000
strojová dostava	85131	2	42566	80,86	0,000000
kalandrování*strojová dostava	102202	4	25551	48,54	0,000000
Error	90015	171	526		

Z tabulky s výsledky ANOVY je vidět, že všechny tři zkoumané efekty jsou významné, jejich p-hodnoty jsou nulové. Je potvrzena hypotéza o vlivu strojové dostavy, kalandrování a jejich kombinace na prodyšnost plátnových vzorků za sucha.

Mnohonásobné porovnávání

Pomocí Tukeyho testu se zjistí, které skupiny se od sebe liší na základně zkoumaných efektů. Tabulky s p-hodnotami jsou umístěny v Příloze 8. Nejdříve je proveden Tukeyho test pro efekt strojové dostavy. Tabulka homogenních skupin na hladině významnosti 0,05 je v tab. 27.

Tab. 27: Tabulka homogenních skupin pro efekt strojové dostavy na prodyšnost

Tukeyho test - tabulka homogenních skupin alfa = ,05000 Error: Between MS = 526,41, df = 171,00				
skupina	strojová dostava	prodyšnost Mean	1	2
3	velká	363,716		****
1	malá	407,233	****	
2	střední	412,083	****	

Skupina vzorků s malou dostavou 26,5 nitě se v prodyšnosti neliší od skupiny se střední dostavou 27,5 nitě. Jejich plošné hmotnosti jsou totiž velmi podobné. Liší se skupina vzorků s velkou dostavou 28,5 nitě. Ta má prodyšnost $364 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Skupina s malou dostavou jen $407 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a se střední $412 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Tab. 28 rozděluje vzorky do homogenních skupin podle efektu kalandrování.

Tab. 28: Tabulka homogenních skupin pro efekt kalandrování na prodyšnost

Tukeyho test - tabulka homogenních skupin Alfa = ,05000 Error: Between MS = 526,41, df = 171,00				
skupina	kalandrování	prodyšnost Mean	1	2
2	lesklý	382,416	****	
3	velmi lesklý	387,200	****	
1	matný	413,416		****

Také kalandrování dělí vzorky na dvě skupiny. První skupinu tvoří vzorky lesklé a velmi lesklé a druhou matné. Lesklé vzorky mají prodyšnosti se střední hodnotou $1 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, velmi lesklé $387 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ a matné $413 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Kalandrování tedy snižuje prodyšnost vzorků až o $30 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Následující tab. 29, obsahuje výsledky Tukeyova testu pro kombinovaný efekt kalandrování a strojové dostavy.

Tab. 29: Tabulka homogenních skupin pro efekt strojové dostavy a kalandrování na prodyšnost

skupina	Tukeyho test - tabulka homogenních skupin alfa = ,05000 Error: Between MS = 526,41, df = 171,00							
	kalandrování	strojová dostava	prodysnost Mean	1	2	3	4	5
9	velmi lesklý	velká	338,150					****
6	lesklý	velká	369,250	****				
7	velmi lesklý	malá	372,150	****				
5	lesklý	střední	372,150	****				
3	matný	velká	383,750	****	****			
4	lesklý	malá	405,850		****	****		
2	matný	střední	412,800			****		
1	matný	malá	443,700				****	
8	velmi lesklý	střední	451,300				****	

Většina dvojic vzorků, které mají o jeden stupeň nižší (vyšší) strojovou dostavu a zároveň o jeden stupeň vyšší (nižší) úpravu kalandrováním, spadají do stejné homogenní skupiny, tzn. mají stejnou prodyšnost. Platí tedy přibližně, že změna strojové dostavy o jednu útkovou nit znamená stejně velkou změnu prodyšnosti za sucha jako změna kalandrování o jeden stupeň. Velikost změny prodyšnosti při zvýšení strojové útkové dostavy o jednu nit nebo zvýšení stupně kalandrování o jeden stupeň je u většiny vzorků snížení prodyšnosti přibližně o $30 \text{ l} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

2.3.6. Prodyšnost za vlhka

Naměřené hodnoty pro různé stupně zavlhčení jsou uloženy v Příloze 9.

Hodnoty prodyšností jsou zobrazeny graficky v podobě bodových grafů z programu Excel. Aby bylo možné porovnat vliv vlhkosti na vlastnosti suchých vzorků, jsou v grafu zobrazeny také průměrné hodnoty prodyšnosti pro suché vzorky měřené při 64 % relativní vlhkosti vzduchu. V legendě každého grafu je uvedeno číslo vzorku, stupeň jeho úpravy kalandrováním a číslo udávající strojovou dostavu. Oproti prodyšnosti měřené v suchém stavu vstupuje u vlhkých vzorků do vlivu na prodyšnost další proměnná v podobě vlhkosti. Právě tento vliv je třeba popsat regresní funkcí.

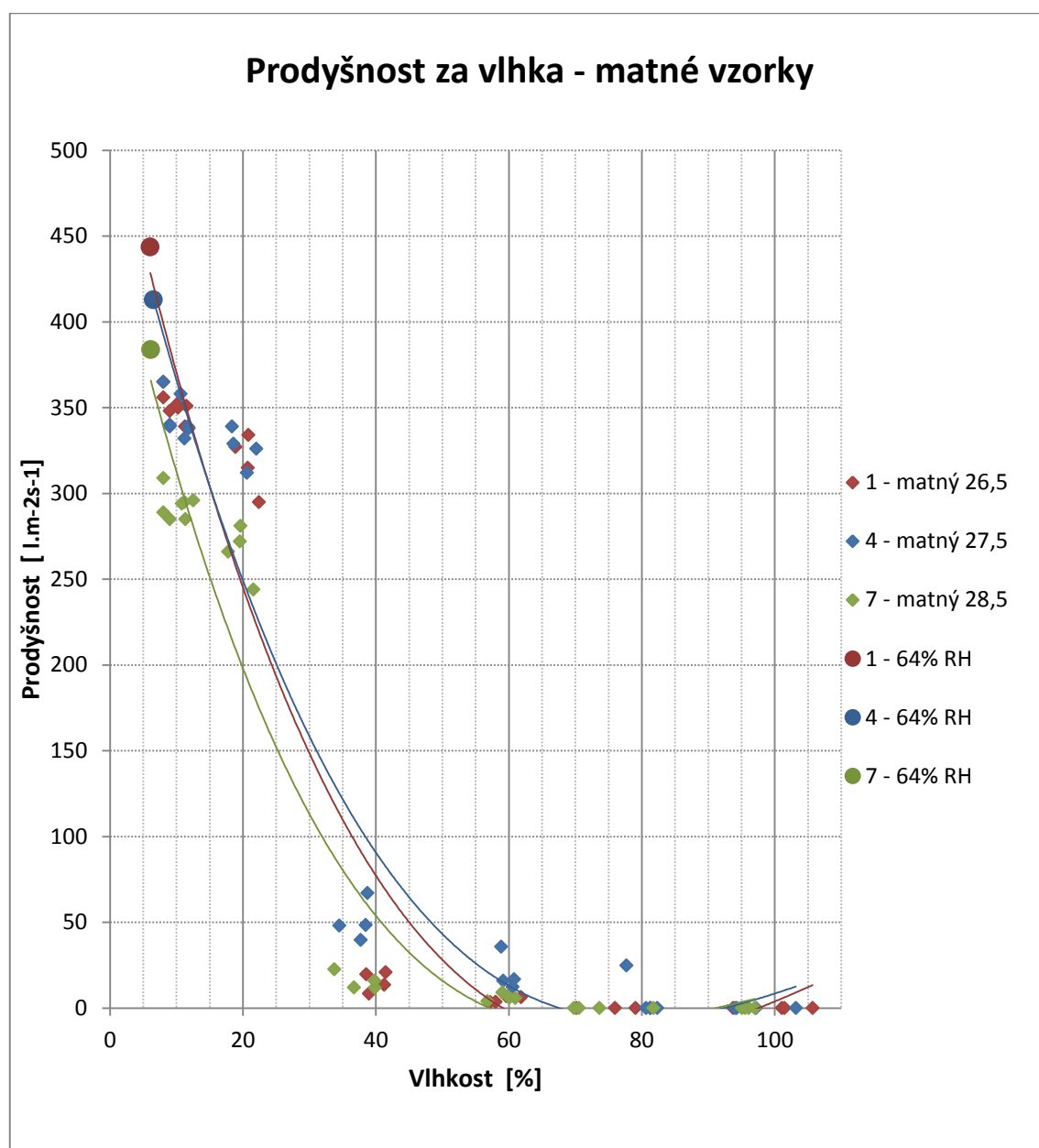
Nalézt pro prodyšnost vhodnou funkci není snadné. Její průběh je velmi specifický. Při vyšších stupních zavlhčení mu nejvíce odpovídá tvar exponenciální funkce. Přesnější model však, zejména při nižších vlhkostech, představuje kubický polynom. Jeho nevýhodou je, že při vyšších vlhkostech nabývá záporných hodnot prodyšnosti. V těchto částech grafů jsou vzorky převážně neprodyšné, proto je tato oblast pro pozorování méně zajímavá. Z toho důvodu byla přednost dána použití kubické paraboly k popisu funkce. V místech, kde jsou vzorky neprodyšné, nesmí být tato funkce uvažována. K sestavení složitějšího modelu prodyšnosti by bylo zapotřebí podrobnějších měření zejména v oblasti skoku mezi 20 % a 40 % vlhkosti. Takto podrobný průzkum značně převyšuje rámec této práce.

Parametry funkce pro jednotlivé vzorky byly vypočítány programem Excel společně s korelačními koeficienty a jsou zobrazeny jako regresní funkce pro jednotlivé vzorky v tabulkách.

Vliv rozdílné strojové dostavy

Nejdříve jsou zobrazeny vzorky, které mají stejnou úpravu kalandrováním a liší se strojovou útkovou dostavou.

Na obr. 28 je graf pro vzorky bez kalandrování 1 - matný, 4 - matný a 7 – matný. Související rovnice jsou pak v tab. 30.



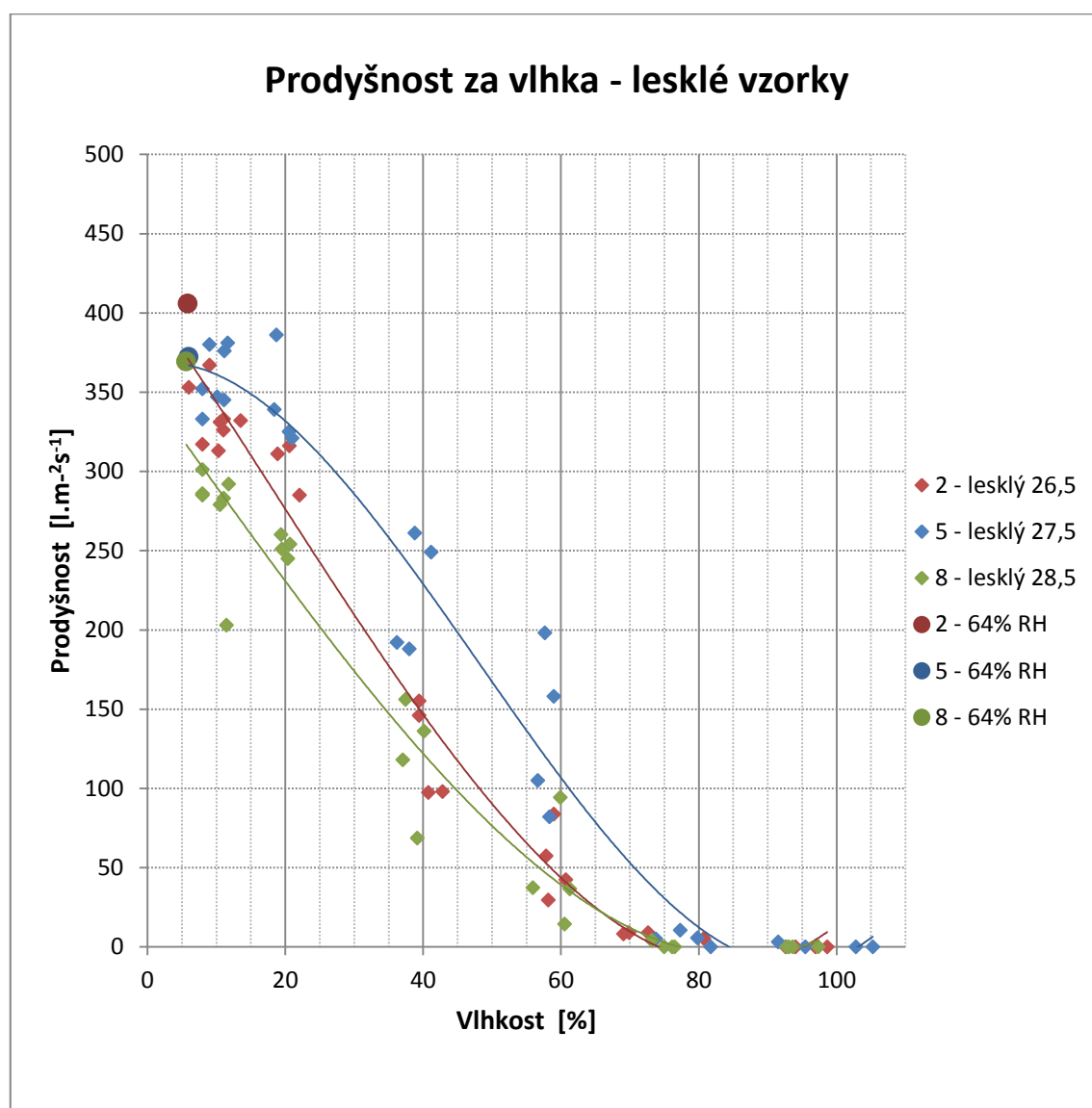
Obr.28: Graf prodyšnosti za vlhka pro matné vzorky

Tab. 30: Rovnice regrese a indexy determinace pro plátňové vzorky bez kalandrování

vzorek	rovnice regrese	R^2
1 – matný 26,5	$R_A = -0,0005 \cdot U^3 + 0,1748 \cdot U^2 - 17,396 \cdot U + 527,41$	0,9407
4 – matný 27,5	$R_A = -0,0005 \cdot U^3 + 0,1588 \cdot U^2 - 16,111 \cdot U + 511,7$	0,9413
7 – matný 28,5	$R_A = -0,0007 \cdot U^3 + 0,189 \cdot U^2 - 16,653 \cdot U + 460,9$	0,9397

Z grafu je vidět sklon funkce pro vzorky bez kalandrování charakteristický prudkým snížením prodyšnosti mezi 20 % – 40 % zavlhčení z hodnot kolem $300 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ na hodnoty nižší než $50 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Od 70 % zavlhčení jsou vzorky prakticky neprodyšné. Prodyšnost suchých vzorků odpovídala jejich strojové dostavě. Čím vyšší byla dostava, tím nižší prodyšnost. Při zavlhčení má však vzorek 4 – matný 27,5 vyšší prodyšnost než vzorek 1 – matný 26,5. Toto pořadí odpovídá spíše skutečné plošné hmotnosti, kterou má vzorek 4 – matný 27,5 nejnižší a vzorek 7 – matný 28,5 nejvyšší. Z grafu je vidět chování vzorků během vysoušení vzorků. Při 80 % a 100 % zavlhčení je povrch zalit vodou, proto jsou vzorky naprosto neprodyšné. Při 60 % zavlhčení se začínají uvolňovat některé póry, které jsou větší než ostatní a vzorky začínají vykazovat minimální prodyšnost. Stále však je na vláknech a ve struktuře textile vlhkost, kterou pojí pouze adhezní síly. Mezi 60 % a 40 % dojde k dalšímu mírnému zvýšení prodyšnosti. Opravdový skok nastává mezi 40 % a 20 %. Mezi těmito procenty dochází k vysušení vlhkosti pokrývající povrch vláken, čím se uvolní většina pórů a prodyšnost prudce stoupne. K dalšímu zvýšení prodyšnosti dochází i při vysušení na 10 % a 8 %. Tento nárůst není příliš strmý. Při těchto vlhkostech je voda vázána chemicky k hydrofilním skupinám vlněných a viskóзовých vláken a pomocí vodíkových můstků. Z grafu je také vidět poměrně velký rozdíl mezi naměřenými hodnotami při 64 % relativní vlhkosti vzduchu, což pro tyto vzorky je přes 6 % vlhkosti ve vzorku, a hodnotami při 8 % vlhkosti. To je způsobeno vysokou schopností příčného bobtnání vlněných a viskóзовých vláken, čímž se významně uzavírá struktura textile a zaplňují póry. Bobtnání je zapříčiněno vázáním vlhkosti v amorfních oblastech vláken a tvorbou vodíkových můstků. Vysoká hydrofilnost těchto vláken znamená jejich neochotu se těchto vazeb a vlhkosti ve vláknech zbavovat a proto je bobtnání při desorpci vody velmi trvalé.

Graf pro vzorky číslo 2 - lesklý, 5 - lesklý a 8 – lesklý, kalandrované při nižší teplotě a tlaku je na obr. 29. Regresní rovnice obsahuje tab. 31.



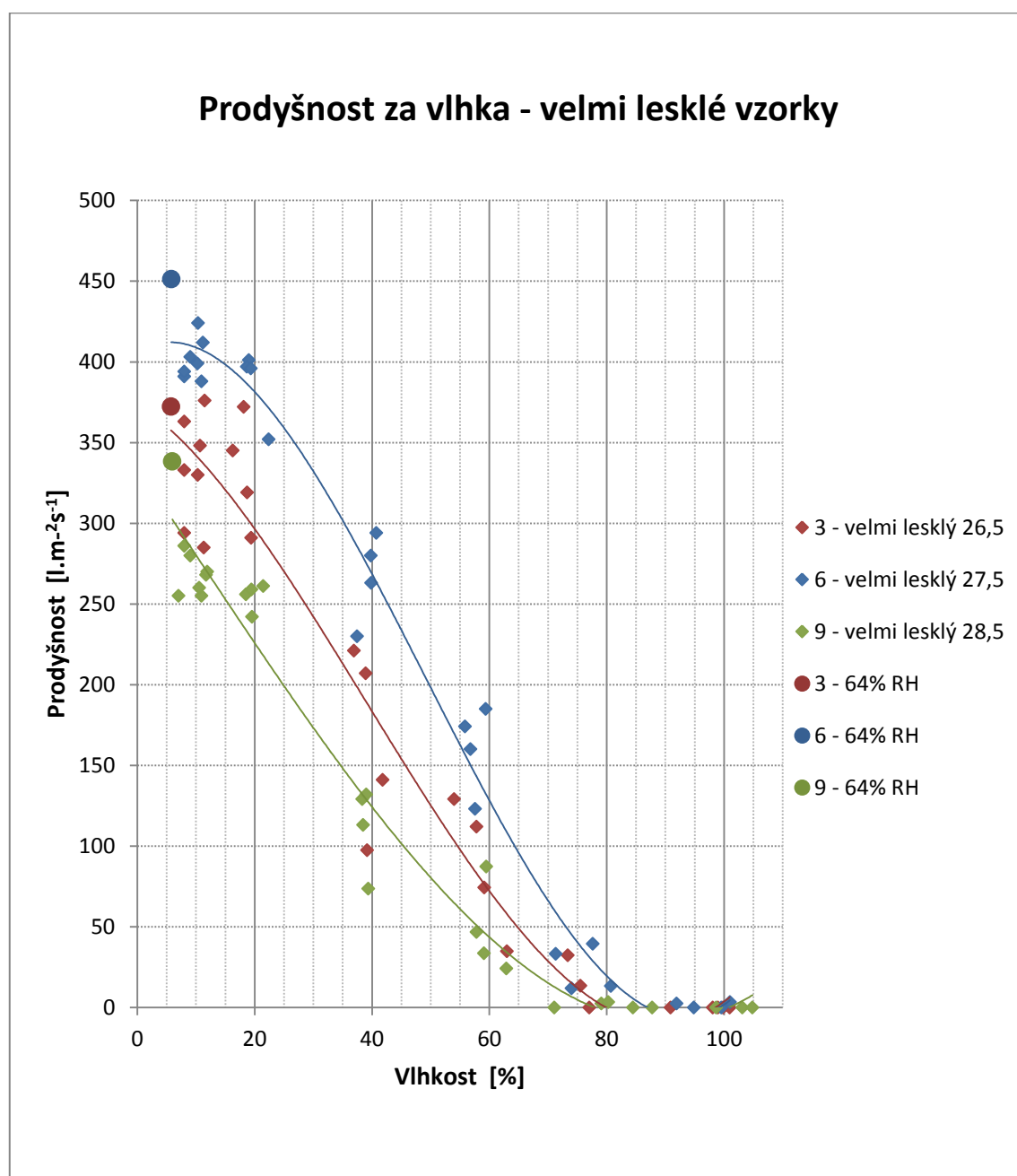
Obr. 29: Graf prodyšnosti za vlhka pro lesklé vzorky

Tab. 31: Rovnice regrese a indexy determinace pro prodyšnost za vlhka u lesklých vzorků

vzorek	rovnice regrese	R^2
2 – lesklý 26,5	$R_A = 0,0005.U^3 - 0,0262.U^2 - 6,3039.U + 408,88$	0,979
5 – lesklý 27,5	$R_A = 0,001.U^3 - 0,1425.U^2 + 0,6488.U + 367,91$	0,9619
8 – lesklý 28,5	$R_A = 0,0003.U^3 - 0,0037.U^2 - 6,0604.U + 351,04$	0,9548

Z grafu pro lesklé vzorky je vidět průběh vysoušení u mírněji kalandrovaných vzorků. Průběh změn je opět podobný u všech třech vzorků se stejnou úpravou. Jednotlivé hodnoty prodyšnosti jsou více rozptýleny než u nekalandrovaných vzorků. Kalandrování zřejmě způsobuje určité nestejnomyšlnosti tkanin nebo u nich proces vysoušení neprobíhá tak rovnoměrně. Přesto lze vysledovat určitý trend v naměřených hodnotách. Vzorky jsou do 70 % vlhkosti téměř neprodyšné. Nejedná se však o nulovou neprodyšnost, některé póry zůstávají otevřené i při zavlhčování. Na 60 % vlhkosti již jejich prodyšnost poměrně výrazně stoupá a tento nárůst pokračuje téměř lineárně až do vysoušení. Také prodyšnost suchých vzorků je přibližně v pokračování tohoto směru. Lze říci, že povrch vzorků je úplně zalit jen asi do 80 % vlhkosti. Mezi 80 % a 60 % dochází k mírnému otevírání pórů. Od této vlhkosti již dochází k poměrně rovnoměrné desorpci, která odpovídá spíše vysoušení hydrofobních struktur. Nedochází zde k příliš velkému ani trvalému bobtnání, které by snižovalo prodyšnost. Toto chování vzorků signalizuje ztrátu schopnosti vlněných vláken přijímat molekuly vody a vytvářet s ní trvalejší chemické vazby. Prodyšnost vzorků opět přesně neodpovídá jejich strojové dostavě a prodyšnosti za sucha, protože vzorek 5 - lesklý vykazuje vyšší prodyšnost při zavlhčení než vzorek 2 – lesklý s nižší strojovou dostavou. Toto uspořádání také odpovídá více skutečné plošné hmotnosti vzorků než jejich strojové dostavě.

Třetí graf na obr. 30 je pro vzorky číslo 3 – velmi lesklý, 6 – velmi lesklý a 9 – velmi lesklý, které jsou kalandrované při vyšší teplotě a tlaku. Regresní rovnice pro tyto vzorky jsou v tab. 32.



Obr. 30: Graf prodyšnosti za vlhka pro velmi lesklé vzorky

Tab. 32: Rovnice regrese a indexy determinace pro velmi lesklé vzorky

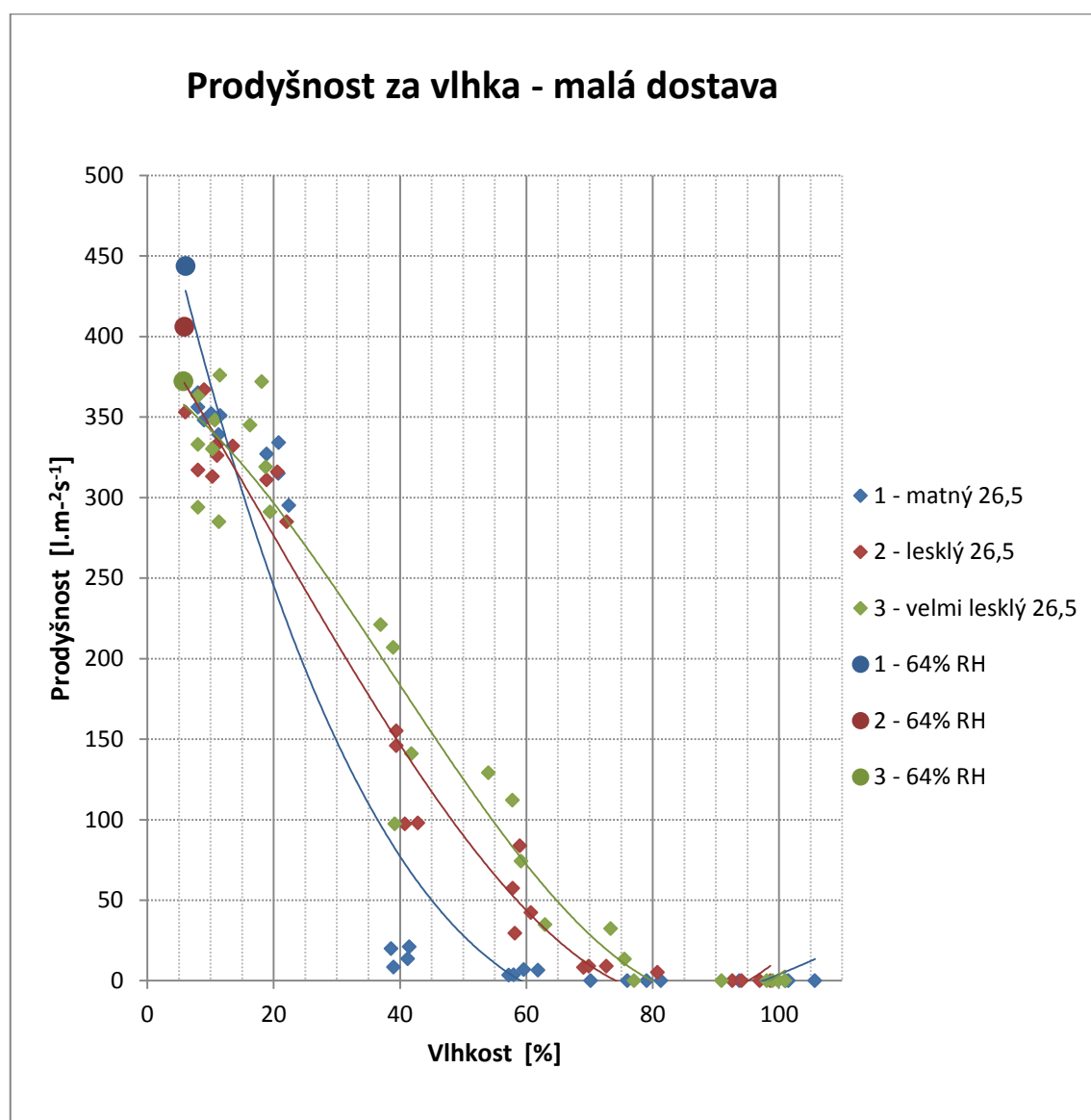
vzorek	rovnice regrese	R^2
3 – velmi lesklý 26,5	$R_A = 0,0008.U^3 - 0,091.U^2 - 2,366.U + 374,03$	0,956
6 – velmi lesklý 27,5	$R_A = 0,0012.U^3 - 0,1829.U^2 + 1,8704.U + 407,27$	0,982
9 – velmi lesklý 28,5	$R_A = 0,0003.U^3 - 0,0077.U^2 - 5,4065.U + 334,78$	0,968

Průběh prodyšnosti těchto vzorků během vysoušení je velmi podobný jako u grafu méně kalandrovaných vzorků. Vzorky jsou neprodyšné do 80 % vlhkosti. Od tohoto stupně zavlhčení již nastává poměrně lineární vzestup prodyšnosti, který navazuje na hodnoty prodyšnosti měřené v laboratorních podmínkách. Opět neplatí, že vzorky s vyšší strojovou dostavou mají nižší prodyšnost. Vzorek 6 – velmi lesklý, který má velmi nízkou plošnou hmotnost a vykazoval vysokou prodyšnost i za sucha, má nejvyšší prodyšnost i při zavlhčování. Vzorek 3 – velmi lesklý vykazuje prostřední hodnoty prodyšnosti a vzorek 9 – velmi lesklý, který má nejvyšší strojovou dostavu a zároveň plošnou hmotnost, je nejméně prodyšný. Stejně jako u předchozího stupně kalandrování je i z tohoto grafu vidět, že úplné zaplnění struktury vodou je pouze mezi 80 % a 100 % zavlhčení. Od tohoto stupně vlhkosti jsou vzorky poměrně prodyšné. Desorpční proces probíhá lineárně a póry nejsou úplně uzavřené v důsledku příčného bobtnání vlněných a viskóзовých vláken. Toto chování vzorků detekuje chemické změny ve vláknech způsobené kalandrováním.

Vliv stupně kalandrování

Lepší možnost porovnání vlivu kalandrování na vzorky, které měly při vstupu do výrobního procesu shodné parametry, dávají grafy skupin vzorků se shodnou strojovou dostavou.

Graf pro skupinu vzorků 1 – matný, 2 – lesklý a 3 – velmi lesklý o nejmenší strojové dostavě 26,5 nití je na obr. 31. Rovnice regresí znovu uváděny nejsou, pouze jsou zakresleny v grafu.

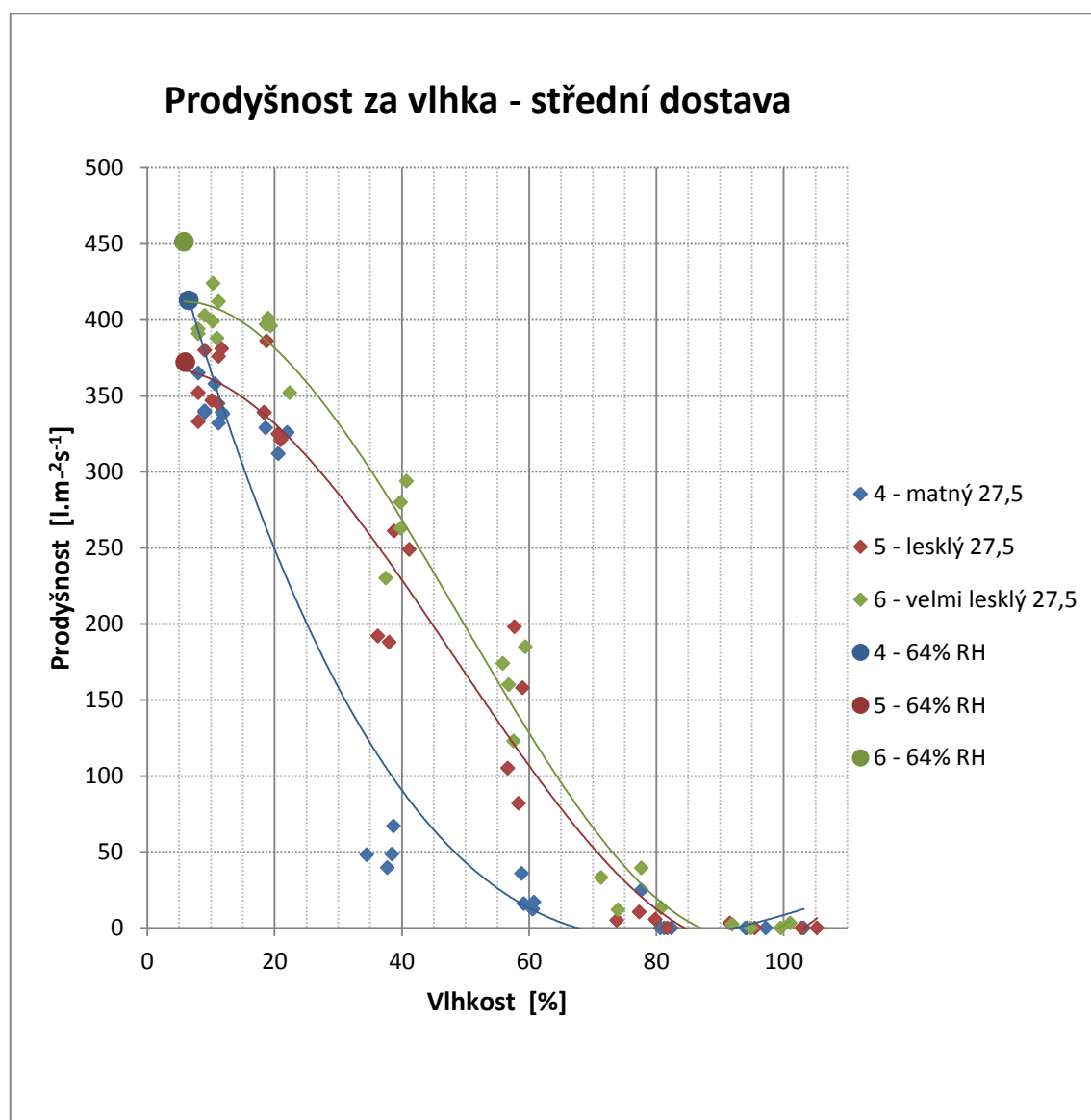


Obr. 31: Graf prodyšnosti za vlhka pro vzorky s malou dostavou

Je zřejmé, že prodyšnost vzorků upravených kalandrováním zdaleka neklesá tak strmě jako prodyšnost vzorku neupraveného, ačkoliv v suchém stavu byla prodyšnost neupravených vzorků vyšší. Je to dáno tím, že upravené vzorky mají zaplněnější vazné body a mezivláknenný prostor a tím pádem jsou za sucha méně prodyšné. Při zavlhčení však provedená úprava tvarově stabilizuje vlákna, tím pádem nedochází k tak významnému bobtnání vláken a tkanina zůstává i při vyšších stupních zavlhčení mnohem prodyšnější, což je patrné zejména u 40 % až 60 % vlhkosti. Rozdíl mezi stupni kalandrování již není tak výrazný jako rozdíl mezi neupraveným a

kalandrovanými vzorky. Do cca 90 % vlhkosti jsou všechny vzorky neprodyšné a jejich povrch je zalit vodou. Při 80 % vlhkosti již začíná vzorek s vyšším stupněm kalandrování vykazovat minimální prodyšnost. Vzorek s nižším stupněm kalandrování až přibližně při 70 % vlhkosti a vzorek neupravený až při 60 %. Zatímco kalandrované vzorky dosáhnou na 40 % vlhkosti prodyšnost až přes $200 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, neupravený vzorek má prodyšnost pouze do $20 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, tedy nabývá desetinových hodnot. Přesné rozdíly mezi jednotlivými stupni kalandrování se nedají z grafu na první pohled určit z důvodu variability hodnot. Při 20 % vlhkosti dochází k protnutí hodnot všech tří vzorků kolem prodyšnosti cca $300 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Také při 10 % a 8 % je prodyšnost vzorků velmi podobná. Zajímavé jsou rozdíly mezi prodyšností suchých vzorků a hodnot prodyšnosti s procentem vlhkosti 8 % a 10 %. V suchém stavu vykazoval neupravený vzorek 1 – matný průměrnou prodyšnost $440 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, zatímco při 8 % zavlhčení je to pouze $350 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Neupravená vlákna jsou velmi hydrofilní a bobtnavá, což velmi snižuje jejich prodyšnost při zavlhčení. Vzorek 2 - lesklý s mírnější úpravou měl v laboratorních podmínkách prodyšnost přibližně $400 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, při 8 % zavlhčení je to opět kolem $350 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, tedy pokles prodyšnosti není tak výrazný. U velmi lesklého vzorku 3 není dokonce pokles téměř žádný. Hodnoty jeho prodyšnosti jsou v suchém stavu průměrně $370 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Znamená to tedy, že při mírnějším zavlhčení nemá kalandrování výrazný vliv na prodyšnost, přítomnost vlhkosti smazává rozdíly, které mezi sebou mají upravené tkaniny v suchém stavu. Kalandrování však způsobuje trvalé změny vlnářských textilií, ovlivňuje sorpční a desorpční proces a bobtnání vláken. Kalandrované vzorky nejsou tak hydrofilní a při desorpčním procesu uvolňují snadněji vlhkost, protože nevytváří pevné vodíkové můstky s molekulami vody. Snížení hydrofilnosti navíc potvrzuje přirozené procento vlhkosti ve vzorcích při 64 % relativní vlhkosti vzduchu. Pro neupravený vzorek 1- matný je to přes 6 %, pro vzorek 2 - lesklý je to 5,85 % a pro vzorek 3 - velmi lesklý pak 5,73 % vlhkosti ve tkanině.

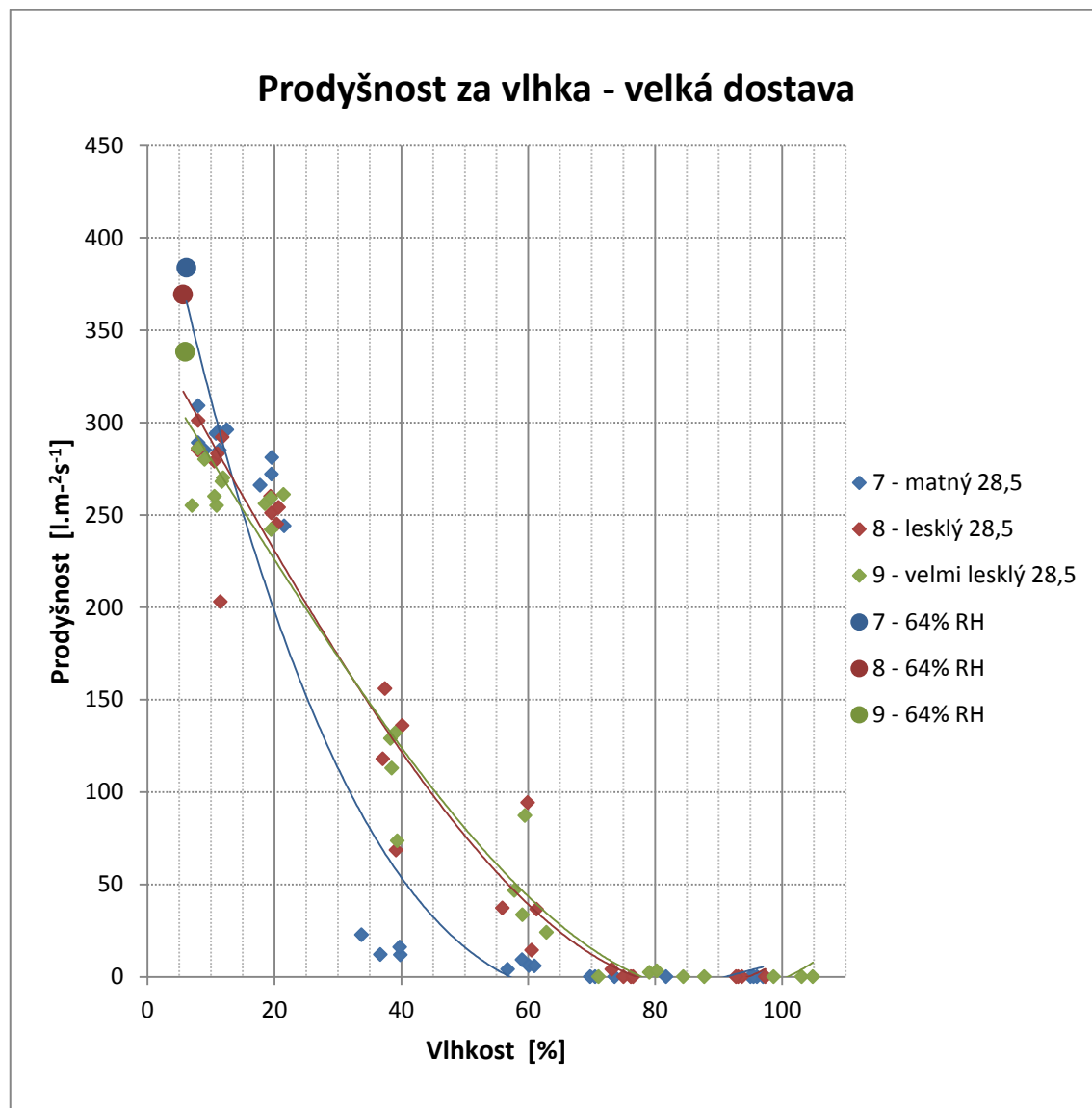
Graf na obr. 32 je pro skupinu vzorků o střední strojové útkové dostavě 4 – matný, 5 - lesklý a 6 – velmi lesklý.



Obr. 32: Graf prodyšnosti za vlhka pro vzorky se střední dostavou

Je vidět podobný průběh funkce prodyšnosti za vlhka jako u předchozí skupiny vzorků. Vzorek 4 – matný nabývá rozdílných hodnot prodyšnosti oproti kalandrovaným vzorkům. Rozdílná je prodyšnost vzorku 6 – velmi lesklý, který má velmi nízkou plošnou hmotnost a i za sucha vykazoval výrazně vyšší prodyšnost než ostatní vzorky. Také u těchto vzorků se potvrzuje vliv kalandrování na hydrofilnost vlnářských vzorků. Matný vzorek nabývá při 64 % relativní vlhkosti vzduchu 6,5 % vlhkosti z hmotnosti ultra suchého vzorku. Lesklý vzorek pak pouze 5,98 % a velmi lesklý 5,78 %.

Graf pro skupinu vzorků 7 - matný, 8 - lesklý a 9 – velmi lesklý o nejvyšší strojové útkové dostavě 28,5 nitě/cm je na obr. 33:



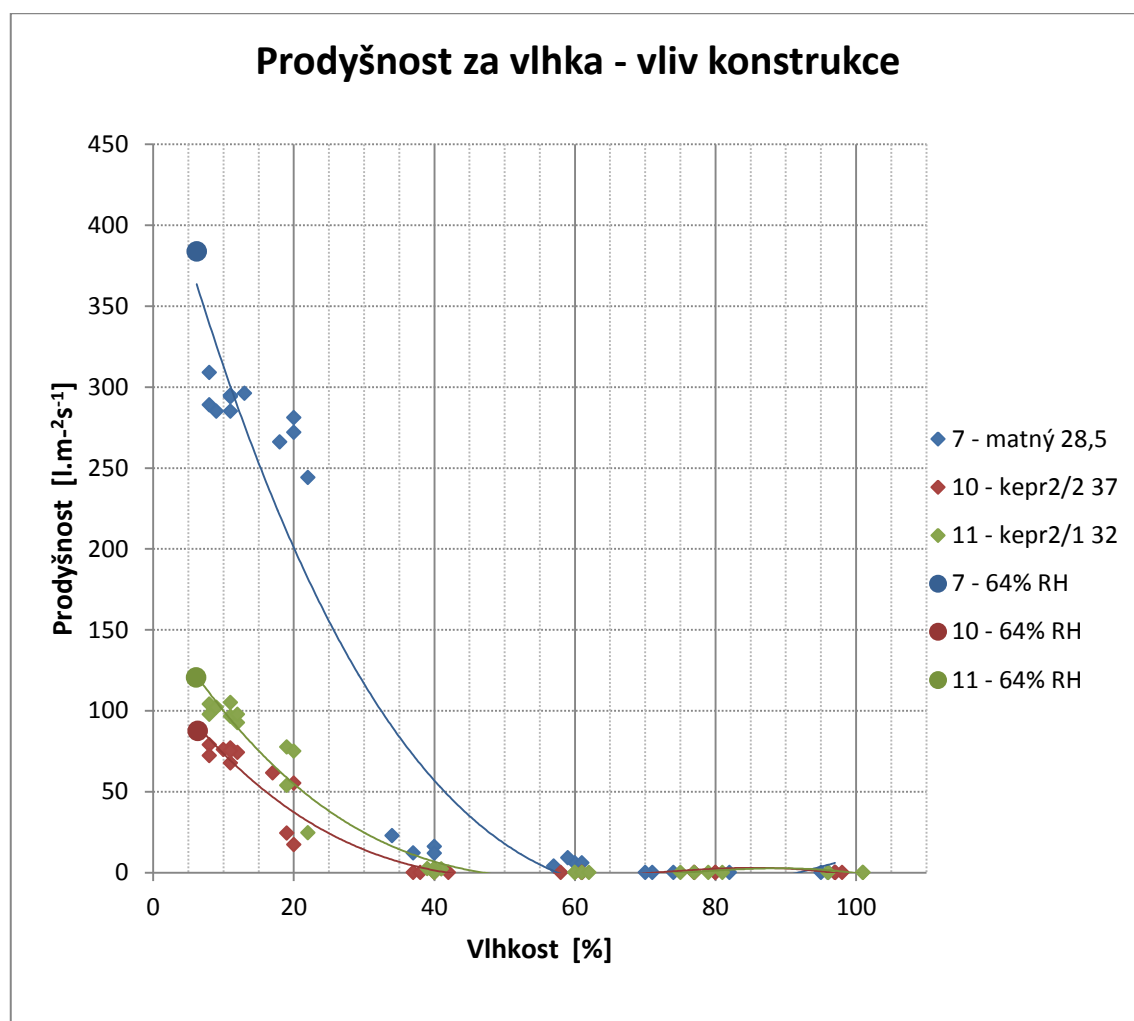
Obr. 33: Graf prodyšnosti za vlhka pro vzorky s velkou dostavou

Skupina vzorků 7 - matný, 8 – lesklý a 9 – velmi lesklý má nejvyšší strojovou dostavu i plošnou hmotnost vzorků. Jejich prodyšnost je nejnižší za sucha i za vlhka. Neprodyšné jsou dokonce až po 70 % vlhkosti. Mimo to je průběh jejich prodyšností velmi podobný předchozím dvěma grafům. Vzorek 7 – matný má při 40 % a 60 % výrazně nižší prodyšnost než kalandrované vzorky, zatímco prodyšnost kalandrovaných

vzorků je téměř shodná. I zde platí, že neupravený vzorek má při 64 % relativní vlhkosti vzduchu nejvyšší procento vlhkosti a to 6,14 %. Mírněji kalandrovaný vzorek pak 5,63 % a více kalandrovaný 5,95 %. Pouze v této skupině obsahuje za sucha velmi lesklý vzorek více vlhkosti než lesklý, což se zřejmě projevilo tím, že oba vzorky mají shodnou prodyšnost za vlhka. To potvrzuje předchozí vysvětlení, že poškození vlněného podílu a tím pádem ovlivnění sorpčních vlastností textilie má vliv na proces vysoušení a prodyšnost.

Vliv konstrukce

Poslední graf na obr. 34 porovnává vzorky o různých konstrukcích - vzorek v plátňové vazbě s nejvyšší strojovou dostavou 28,5 nití/cm a vzorky v keprové vazbě 2/2 a 2/1. Rovnice regresí jsou v tab. 33.



Obr. 34: Graf prodyšnosti za vlhka pro odlišnou vazbu

Tab. 33: Rovnice regrese a indexy determinace pro prodyšnost vzorků s různou vazbou

vzorek	rovnice regrese	R^2
7 – matný 28,5	$R_A = -0,0006.U^3 + 0,1751.U^2 - 16,041.U + 456,35$	0,9366
10 – kepr2/2 37	$R_A = -0,0005.U^3 + 0,1023.U^2 - 7,2516.U + 162,67$	0,9677
11 – kepr2/1 32	$R_A = -0,0004.U^3 + 0,0913.U^2 - 6,0546.U + 125,43$	0,9519

Vzorky porovnávané grafem sice nemají shodnou dostavu ani plošnou hmotnost, ale porovnávají, jaké změny nastanou, pokud se ze stejné příze vyrobí jiná konstrukce materiálu. U keprové vazby nelze dosáhnout stejné plošné hmotnosti jako u plátňového vzorku. Z grafu je vidět, že i když je prodyšnost plátňového vzorku ještě při 20 % zavlhčení značně vyšší než prodyšnost keprových vzorků, od 40 % zavlhčení se významně neliší. Zatímco strojová dostava keprových vzorků se liší o 5 nití/cm a prodyšnost za sucha jen o přibližně $40 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, rozdíl mezi plátňovým vzorkem a vzorkem kepr2/1 3,5 nitě ve strojové dostavě znamená rozdíl prodyšností $260 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, tedy je neúměrně vyšší. Tento graf demonstruje význam změn způsobených rozdílnou konstrukcí materiálu. Mimo to je vidět, že všechny nekalandrované vzorky vykazují přibližně stejný průběh desorpce. Do 60 % vlhkosti jsou neprodyšné, při 40 % jen velmi málo a liší se spíše v prodyšnosti za sucha.

Díky měřením prodyšnosti kalandrovaných vzorků za vlhka byly zjištěny dosud nepublikované efekty. Grafy zobrazující všechny naměřené hodnoty prodyšnosti při různých stupních zavlhčení ukazují u všech skupin velmi podobné závislosti. Byly zjištěny viditelné rozdíly mezi neupravenými vzorky a vzorky kalandrovanými. Neupravené vzorky jsou do 80 % zavlhčení neprodyšné a při 60 % a 40 % mají také prodyšnosti jen do $50 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Mezi 40 % a 20 % však nastane obrovský nárůst prodyšnosti až na hodnoty více než $300 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Tento zlom je zřejmě způsoben nadpolovičním podílem viskóзовých a vlněných vláken, které při 100 % relativní vlhkosti vzduchu obsahují až 35 % vlhkosti. Při vysoušení vzorků dojde mezi 40 % a 20 % vlhkosti k odstranění vlhkosti, která je vázána mechanicky na povrchu vláken a vyplňuje strukturu. Uvolněním pórů se prudce zvýší prodyšnost. Zdá se, že vliv polyesterového podílu není tak výrazný oproti hydrofilním vláknům, jelikož

odhadované procento absorbované vlhkosti pro vzorky bylo maximálně 20 % hmotnosti vzorků. Vlněný a viskózový podíl je velmi hydrofilní a velmi bobtná. Proto se výrazně liší hodnoty prodyšnosti naměřené za sucha a měření při 8 % vlhkosti.

Prodyšnost naměřená pro kalandrované vzorky se viditelně významně neliší mezi stupni kalandrování. Průběh jejich měření neukazuje žádný prudký zlom jako v případě neupravených vzorků. Do 80 % zavlhčení mají také nulovou prodyšnost. Od této vlhkosti jejich prodyšnost téměř lineárně roste v přibližném pokračování s hodnotou prodyšnosti za sucha. Díky tomu mají výrazně vyšší prodyšnost při 60 % a 40 % zavlhčení. Měření prokázala, že vlivem kalandrování došlo k trvalým změnám u vlněných vláken. Působením vysoké teploty a tlaku byly trvale odstraněny molekuly vody z vlněného vlákna a poškozeny vodíkové můstky, které také vážou molekuly vody. Vlněná vlákna tak přestala bobtnat a stabilizovala se oproti působení vlhkosti. Přestala se chovat jako vlákna hydrofilní. Stabilizace vlněného podílu oproti působení vlhkosti a bobtnání způsobilo zvýraznění efektu viskóзовého podílu během zavlhčování. Viskoza je také silně hydrofilní a bobtnavá. Má schopnost zadržovat až 100 % vlhkosti. Avšak díky změnám u vlněného podílu teď spolu s podílem polyesteru může převládat hydrofobnost vláken. Snížení hydrofilnosti potvrzují také rovnovážná procenta vlhkosti u vzorků, které byly více než 24 hodin umístěné v klimatizované laboratoři s 64 % relativní vlhkostí vzduchu. Všechny kalandrované vzorky obsahují menší procento vlhkosti než neupravené vzorky. Neupravené vzorky mají více než 6 % obsah vlhkosti, zatímco upravené méně než 6 %. Dokonce kromě jedné skupiny také platí, že vzorky kalandrované při vyšší teplotě a tlaku obsahují méně procent vlhkosti než vzorky kalandrované při nižší teplotě a tlaku. Je prokázáno, že teplota použitá při kalandrování, 120 °C, způsobila nenávratné změny na vlněných vláknech. Stejně tak má na prodyšnost vliv zvýšení teploty na 155 °C a tlaku kalandrovacího válce ze 3 MPa na 9 MPa a snížení rychlosti ochlazování vodou. Rozdíly mezi stupni kalandrování nejsou tak markantní.

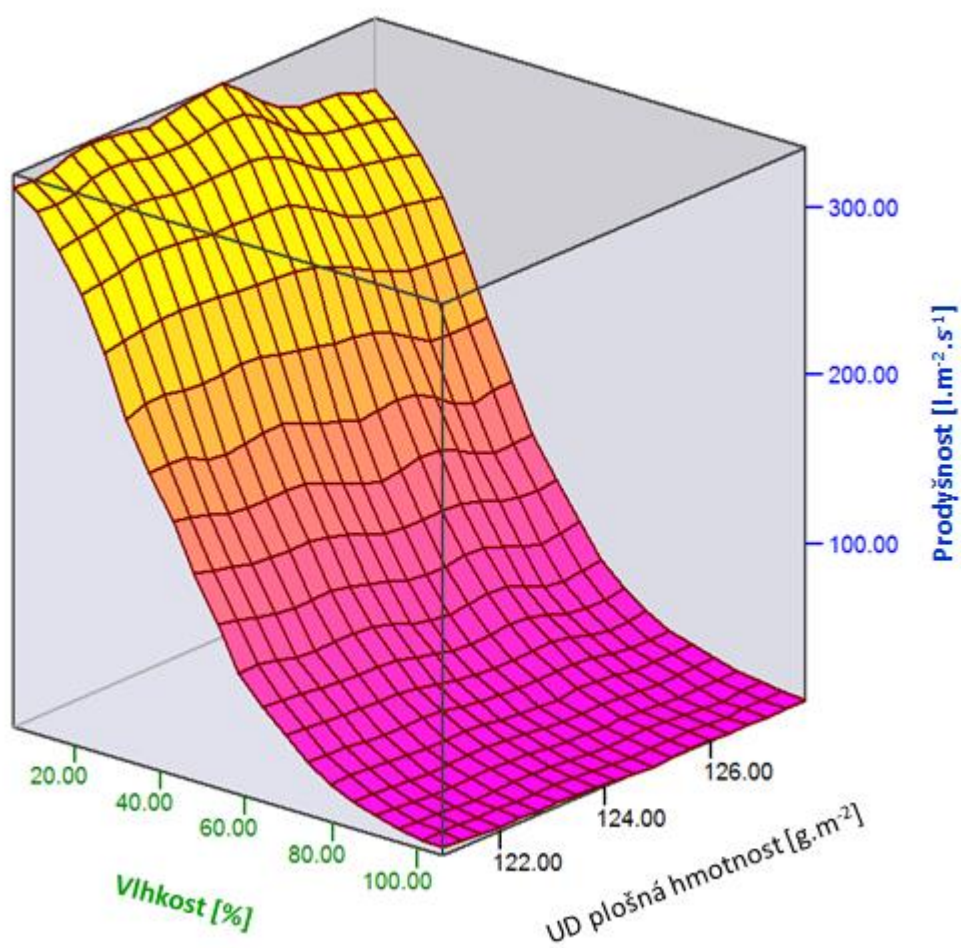
Porovnání vzorků podle strojové dostavy je za vlhka neprůkazné. Díky nekonzistentním technickým podmínkám pro různé vzorky, které v různé míře mění jejich rozměry, plošnou hmotnost a dostavu, se ukazuje jako důležitější plošná hmotnost, která při měření za vlhka hraje důležitější roli. To platí i pro případy, kdy

prodyšnost za sucha odpovídá strojové dostavě. Plošná hmotnost vypovídá o skutečné hmotě vláken, která je při smáčení a vysoušení vzorků nejpodstatnější, protože ovlivňuje sorpční a retenční schopnost textilie.

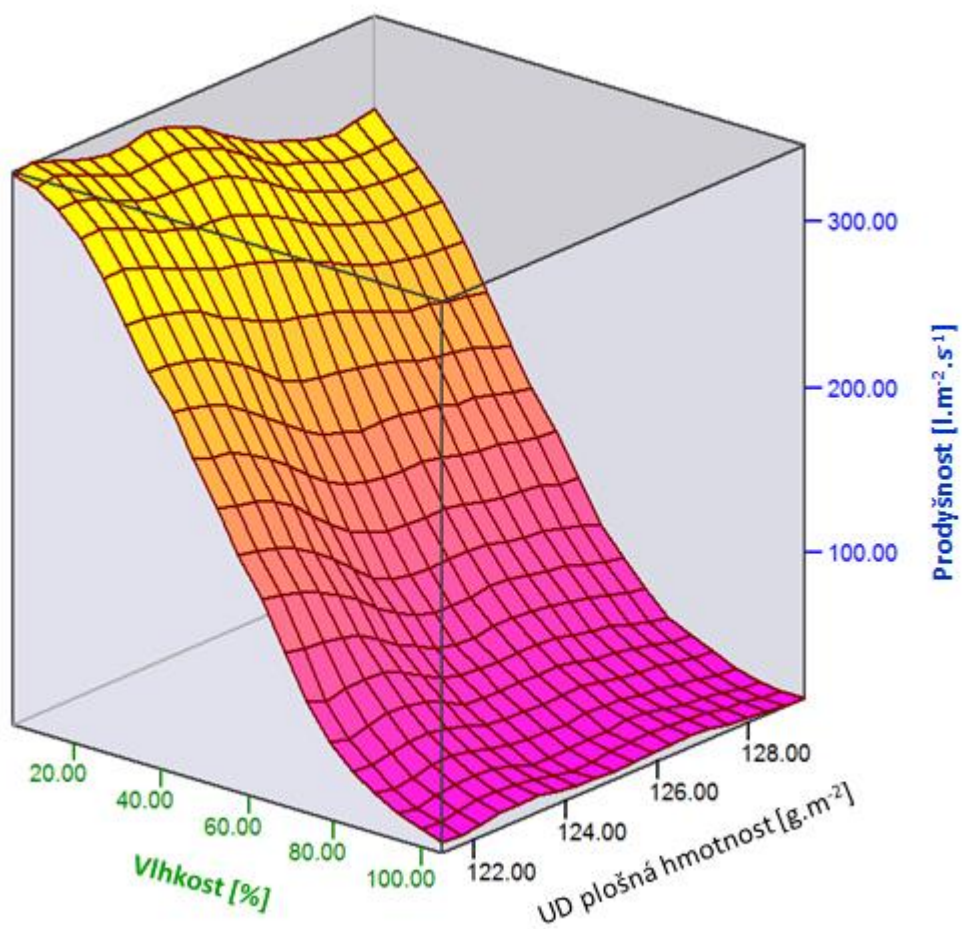
3D graf

Z grafů naměřených hodnot prodyšnosti při různých stupních zavlhčení jsou patrné závislosti vzorků nejen na stupni kalandrování, ale také na plošné hmotnosti. Přehlednější zobrazení nabízí 3D grafy. Grafy jsou zhotoveny v programu QC Expert 3.3. Zobrazují vyhlazenou závislost prodyšnosti na plošné hmotnosti a procentu vlhkosti. K vyhlazení funkce program používá jádrový odhad střední hodnoty s Gaussovským jádrem. Výhodou grafů je, že k zobrazení funkce není třeba předem znát model závislosti jako u regresní analýzy. Protože však neobsahuje informace o významnostech závislostí, jedná se pouze o informativní model. Vypracovány jsou tři grafy pro každý stupeň kalandrování.

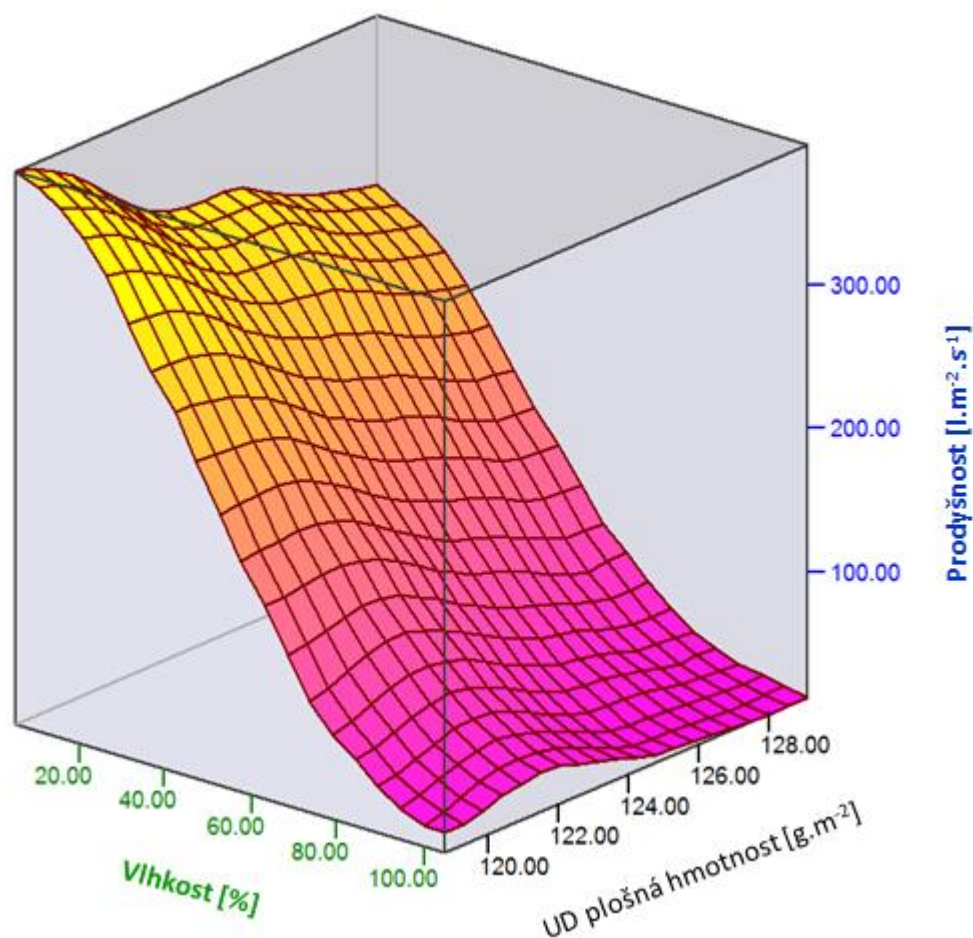
Na obr. 35 je graf pro neupravené - matné vzorky, na obr 36 pro lesklé vzorky a na obr. 37 pro velmi lesklé vzorky.



Obr. 35: 3D graf pro prodyšnost neupravených vzorků za vlhka



Obr. 36: 3 D graf pro prodyšnost lesklých vzorků za vlhka



Obr. 37: 3 D graf prodyšnosti pro velmi lesklé vzorky za vlhka

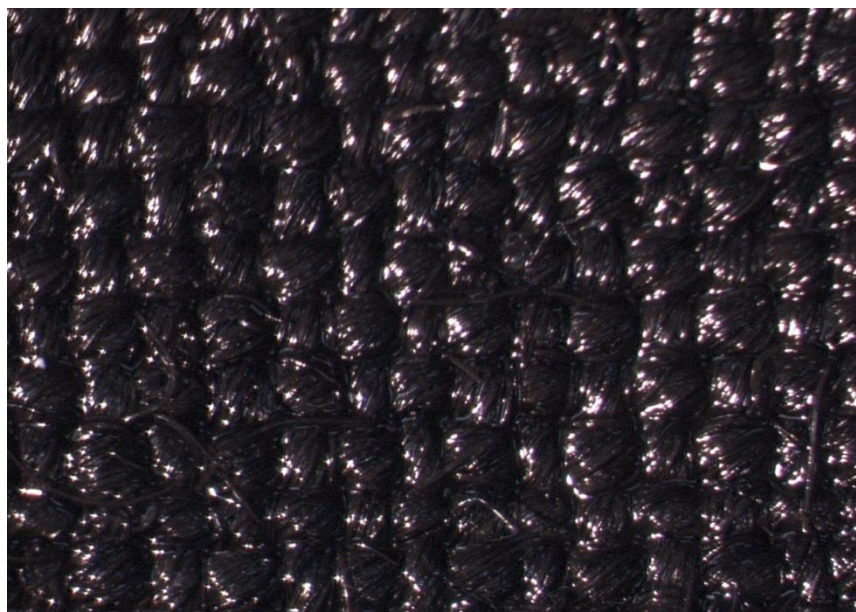
Grafy zobrazují závislost prodyšnosti na procentu vlhkosti a ultra suché plošné hmotnosti. U všech tří stupňů úpravy přibližně platí, že čím vyšší je ultra suchá plošná hmotnost vzorků, tím nižší je prodyšnost. V některých případech má vzorek s vyšší plošnou hmotností při měření suchých vzorků stejnou nebo vyšší prodyšnost než vzorek s nižší plošnou hmotností. V případech, kdy prodyšnost vzorku za sucha odpovídala jeho strojové dostavě, ale neodpovídala plošné hmotnosti, dochází k tomu, že vzorek má vyšší prodyšnost za sucha, než vzorek s nižší plošnou hmotností. Je zřejmé, jak důležitou roli mají výrobní podmínky. Tvoří obrovský podíl vlivu na výsledné chování vzorků. Kvůli jejich neodhadnutelnosti není možné stanovit obecný model pro stanovení prodyšnosti za vlhka.

2.3.7. Stereomikroskop

Pro pochopení mechanismu vysoušení vzorků a změn, které způsobuje kapalná vlhkost v tkaninách, byly zhotoveny snímky všech zavlhčených vzorků při všech stupních měření. Cílem je dokumentace a sledování procesu vysoušení a hledání rozdílů mezi vzorky.

Na snímcích je vidět postupné zalévání tkanin vodou, které je zřetelné zejména při 80 % a 100 % zavlhčení. Při těchto vlhkostech se na textilií vytvoří souvislý vodní film. Proto jsou při těchto vlhkostech vzorky neprodyšné a jejich tepelná jímavost je rovna hodnotě tepelné jímavosti pro vodní povrch. Jiné změny vizuálně zachytit nelze, stejně tak nejsou vidět zřetelné rozdíly mezi neupravenými a kalandrovanými vzorky. Je to tím, že zavlhčování mezi 20 % a 60 % vlhkosti, kde jsou rozdíly největší, se neprojevuje na povrchu vzorku, ale v pórech uvnitř struktury. Nelze ani rozpoznat rozdíly v bobtnání textilií, protože vazba tkanin je nestejnoměrná a při snímkování za vlhka nelze pokaždé zachytit stejné místo.

Jako příklad je uveden snímek vzorku 1 – matný 26,5 při 100 % zavlhčení na obr. 38. Ostatní fotografie jsou umístěny v Příloze 10.



Obr. 38: Vzorek 3 – matný 26,5 – 100 % zavlhčení

2.3.8. Zjištění závislosti mezi prodyšností a tepelně komfortními vlastnostmi

Z předešlých poznatků jsou zřejmé závislosti prodyšnosti, tepelného odporu a tepelné jímavosti na obsahu vlhkosti ve vzorku. Z grafů je vidět i podobné chování těchto vlastností v určitých místech grafů. Např. mezi 40 % a 60 % zavlhčení, kdy neupravené vzorky vykazují výrazně nižší prodyšnost než kalandrované, lze sledovat obdobné chování i u tepelné jímavosti a odporu. V těchto místech tepelná jímavost nekalandrovaných vzorků je vyšší než kalandrovaných. Stejně tak tepelný odpor v těchto místech klesne více než u kalandrovaných vzorků. Je zřejmé, že všechny tři vlastnosti reagují na procento vlhkosti ve tkanině a její rozložení ve struktuře dané sorpčními procesy ovlivňovanými vlastnostmi vlákenné suroviny. Prodyšnost reaguje na vyplňování pórů vlhkostí a na bobtnání vláken postupným snižováním, až se stane neprodyšná. Tepelná jímavost a tepelný odpor zase reagují na vyplňování pórů vlhkostí prostřednictvím tepelné vodivosti, která se díky přítomnosti vody zvyšuje až na hodnoty tepelné jímavosti souvislé vodní plochy. Na bobtnání zase reagují změnou hodnot díky proměnlivé tloušťce materiálu. Z tohoto důvodu lze předpokládat, že lze nalézt vztah mezi prodyšností a tepelně komfortními vlastnostmi pro dané vzorky bez ohledu na stupeň kalandrování a strojovou dostavu.

Ve vzorci (18) je tepelná vodivost vlhkých vzorků charakterizována pomocí součtu tepelné vodivosti suché textilie a tepelné vodivosti vody, jejichž zastoupení je vyjádřeno porositou, tzn. množstvím obsažené vlhkosti při daném procentu zavlhčení. Prodyšnost lze uvažovat jako nepřímé vyjádření porozity. Zahrnuje v sobě také informaci o tloušťce materiálu, která je ovlivněna i bobtnáním, stejně tak jako tepelný odpor. Lze předpokládat, že lze pro dané vzorky nalézt lineární vztah mezi prodyšností a tepelným odporem.

Díky tomu, že byly vzorky měřeny při předem stanovených stupních zavlhčení, lze otestovat, zda nějaké lineární závislosti existují. Pro zjištění vztahů mezi parametry je vytvořena korelační matice v programu Statistica 10. Ta obsahuje Pearsonovy korelační koeficienty pro jednotlivé dvojice proměnných vepsaných do průsečíků příslušného sloupce a řádku. Korelační koeficient určuje míru lineární závislosti dvou proměnných. Úplnou závislost představuje hodnota koeficientu +1 (úplná pozitivní

lineární závislost) nebo -1 (úplná negativní lineární závislost). Pokud je koeficient roven 0, znamená to, že mezi dvojicí proměnných žádná lineární závislost neexistuje. Hodnota koeficientu nad 0,35 je považována za mírnou závislost, nad 0,5 za vysokou a nad 0,8 za velmi vysokou závislost. [50] Korelace byly zjišťovány pro všechny plátňové vzorky. Z výpočtu byly vyřazeny hodnoty pro vzorek 1 – matný a 2 – lesklý, jejichž tepelný odpor a jímavost byly z neznámého důvodu vybočující.

Pomocí korelací byly zjištěny některé velmi významné lineární závislosti mezi proměnnými. Střední negativní závislost má prodyšnost na tloušťce, a to -0,48. Tzn. částečně platí, že se prodyšnost snižuje, čím vyšší je tloušťka. Velmi vysoké negativní korelace jsou mezi prodyšností a tepelnou vodivostí, -0,86, a jímavostí, -0,90. Pozitivní korelace je pak s tepelným odporem, 0,88. Lze říct, že čím je nižší prodyšnost, tím nižší je i tepelný odpor a chladnější omak. Korelační matice je umístěna v Příloze 11.

Díky nalezeným korelacím je možné provést vícenásobnou lineární regresní analýzu pomocí metody nejmenších čtverců v programu Statistica 10. Ta charakterizuje očekávanou úroveň závisle proměnné podle úrovní vícero nezávisle proměnných. V tomto případě je závisle proměnnou tepelný odpor a nezávisle proměnná je prodyšnost. Regrese s nejtěsnějším vztahem bylo dosaženo při použití hodnot plošných hmotností ultra suchých vzorků jako druhé nezávisle proměnné.

Po dosazení vypočítaných koeficientů, které jsou uvedeny v Příloze 11, do obecného tvaru lineární rovnice se získá vztah pro tepelný odpor plátňových vzorků:

$$R_{ct} = -9,80102 + 0,00831.R_A + 0,09293.AD_{UD}$$

s těsností $R^2 = 0,84$

O málo těsnější vztah je zjištěn pro tepelnou jímavost zavlhčených plátňových vzorků.

$$b = 4185,948 - 2,684.R_A - 23,872.AD_{UD}$$

s těsností $R^2 = 0,846$

Kde: R_{ct} – plošný tepelný odpor [$W^{-1}K.m^2.10^3$]

AD_{UD} – plošná hmotnost ultra suchých vzorků [$g.m^{-2}$]

$$R_A - \text{prodyšnost } [\text{l.m}^{-2}\text{s}^{-1}]$$

$$b = [\text{W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}]$$

Index determinace získaných regresí je blízký hodnotě 0,85, což je vysoká těsnost. Získání rovnic s vyšší těsností není prakticky možné. Měření vlhkých vzorků jsou velmi specifická a vzorky zase nerovnoměrné. Proměření jednoho místa na vzorku při určitém zavlhčení zároveň na tepelně komfortní vlastnosti a zároveň na prodyšnost v jednu chvíli je nemožné.

Je zřejmé, že získané závislosti platí jen pro plátňové vzorky použité v této studii. Nicméně jejich účelem je demonstrovat, že k předpovězení tepelně komfortních vlastností za vlhka není třeba znát druh použité úpravy, jako je stupeň kalandrování, pokud jsou známy hodnoty jiné proměnné, která v sobě obsahuje informaci o sorpčních vlastnostech materiálu.

2.4. Shrnutí poznatků

Suché vzorky svou tepelnou jímavostí kolem $220 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$, tepelným odporem $5,2 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2 10^3$ a tepelnou vodivostí $0,044 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$ odpovídají vlastnostem vlněných textilií. Odhadovalo se, že podíl polyesteru bude způsobovat vyšší hodnoty tepelné vodivosti a horší vlastnosti suchých tkanin. U tepelné jímavosti se zvětšením strojové dostavy dochází k drobnému zlepšení tepelného omaku. Musí se ale současně se strojovou dostavou zvýšit i výsledná dostava a plošná hmotnost, což může být výrobním procesem snadno zdeformováno. Výraznější vliv než strojová dostava má kalandrování. Kalandrování při vyšší teplotě a tlaku zvýší tepelnou jímavost až o $16 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$. Prokazatelný je i vliv strojové dostavy a kalandrování na tepelný odpor. Obecně lze říct, že tepelný odpor se zvyšuje se strojovou dostavou a snižuje s kalandrováním. Zvýšení dostavy o dvě útkové nitě znamená změnu tepelného odporu o přibližně $0,2 \text{ W}^{-1}\text{K.m}^2 10^3$, což odpovídá stejné změně tepelného odporu při zvýšení kalandrování o jeden stupeň. Výrazné změny nastanou vlivem dostavy a kalandrování u prodyšnosti. Hodnoty pro suché tkaniny se pohybují kolem $400 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Kalandrováním se prodyšnost snižuje a s dostavou také. Platí přibližně, že změna strojové dostavy o jednu útkovou nit znamená stejně velkou změnu prodyšnosti za sucha jako změna

kalandrování o jeden stupeň, přičemž velikost této změny prodyšnosti je přibližně $30 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Mezi vzorkem bez úpravy a vzorkem s dostavou vyšší o dvě nitě a kalandrovaným při vyšší teplotě je rozdíl už $100 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Při zavlhčení nemají vzorky dobré tepelně komfortní vlastnosti. Už při 20 % zavlhčení přesahují hranici $400 \text{ W.m}^{-2}\text{s}^{1/2}\text{K}^{-1}$, která je považována za hranici chladného omaku. Nekalandrované vzorky mají do 20 % mírně teplejší omak. Od 40 % již mají omak nejchladnější. Tepelná jímavost částečně závisí na rovnovážné vlhkosti vláken. Hydrofilní vlákna mívají tedy omak chladnější. Do 40 % zavlhčení je tato vlastnost u neporušených vlněných vláken kompenzována suchými šupinkami na povrchu, proto jsou za sucha neupravené tkaniny hřejivější. Tepelný odpor mají neupravené vzorky nejvyšší asi do 15 % zavlhčení, pak se začnou rozdíly zmenšovat a na 40 % a 60 % je tepelný odpor všech vzorků shodný. Vlhkost, která při těchto zavlhčeních pokrývá povrch vláken, má vysokou tepelnou vodivost a zastíňuje tak ostatní efekty, proto se tepelný odpor vzorků neliší. Pozitivní vlastnosti vlněných vláken na tepelný odpor se neprojeví, protože vlněný podíl je příliš nízký.

Při měření prodyšnosti za vlhka byl zaznamenán velmi unikátní průběh prodyšnosti v závislosti na vlhkosti. Více než vliv strojové dostavy byl zjištěn vliv plošné hmotnosti na prodyšnost. Opravdu zajímavé závislosti však byly zjištěny pro závislost prodyšnosti na kalandrování. Upravené vzorky mají za sucha nižší prodyšnost v důsledku působení kalandrovacího válce na zploštění a zaplnění vazby. Již při mírném zavlhčení se rozdíly v prodyšnostech ztrácí, což trvá do 20 % zavlhčení. Prodyšnost kalandrovaných vzorků pak poměrně lineárně klesá až k 80 %, kde se stávají neprodyšnými. Oproti tomu neupravené vzorky vykazují mezi 20 % až 40 % prudký pokles až k hodnotám blízkým nule a na 60 % už jsou skoro neprodyšné. Rozdíly při 40 % zavlhčení jsou obrovské, až $250 \text{ l.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ mezi upravenými vzorky a neupravenými vzorky. Mezi kalandrovanými vzorky jsou také rozdíly, avšak průběh jejich vysoušení je téměř paralelní.

Z tvarů křivek závislostí pro tepelný odpor, tepelnou jímavost a prodyšnost jsou vidět obdobné reakce během vysoušení vzorků při stejných procentech zavlhčení. Lze tak vysledovat rozdíly v sorpčních procesech upravených a neupravených vzorků. Vlněný podíl vzorků upravených kalandrováním při teplotě nad 120°C ztratil

nenávratně vlhkost obsaženou v kortexu a vlněná vlákna se tvarově stabilizovala. Ztratila schopnost vytvářet vodíkové můstky mezi molekulami vody a amorfními oblastmi. Díky tomu vlněná vlákna nebobtnají. Nejsou tedy tak hydrofilní, což potvrzuje i přirozené procento vlhkosti ve vzorcích, které je u upravených vzorků nižší. Vlněný podíl v neupravených tkaninách naproti tomu obsahuje vysoké procento vlhkosti vázané v kortexu a je vysoce bobtnavý. V důsledku toho je hystereze při vysoušení neupravených vzorků vyšší a vlhkost je déle zadržována hmotou vlákna, takže i vlákno je déle zbobtnalé. To potvrzují i závislosti prodyšnosti neupravených vzorků, kdy při vysoušení mezi 8 % zavlhčení a prodyšností měřenou za sucha je skokovitý rozdíl. Výsledná funkce pro neupravené vzorky je pak následkem hystereze posunutá a reaguje opožděně oproti kalandrovaným vzorkům.

Keprové vzorky mají oproti plátnovým velmi nízkou prodyšnost. Jedná se o hustě tkané keprové vzorky, které nemají dlouhé neprovázané úseky, proto není prodyšnost vysoká. Tepelný odpor naproti tomu není odlišný v důsledku vyšší dostavy, ale je na úrovni vzorků s malou dostavou. Tepelná jímavost je výrazně vyšší, protože jsou vzorky zaplněnější a vykazují tak chladnější omak.

3. Závěr

Diplomová práce byla částečně vypracována na pracovní stáži na Ege univerzitě v Izmiru v Turecku. Účelem bylo zhodnotit vliv kalandrování na tepelný komfort vlnářských tkanin. K tomuto účelu byla k dispozici skupina 11 vzorků vlnářských tkanin utkaných ze shodné příze. Devět vzorků bylo plátnových, které se dělily do třech různých dostav a do skupiny vzorků bez použití kalandrování a vzorků kalandrovaných při dvou odlišných stupních kalandrování. Dva vzorky byly tkané v rozdílné keprové vazbě a sloužily k pozorování účinku rozdílné konstrukce. Tepelný komfort byl hodnocen prostřednictvím tepelného odporu, tepelné jímavosti a prodyšnosti. Tyto vlastnosti byly proměřovány nejen na suchých textiliích. Byly také zvlhčeny a vysoušeny na předem stanovená procenta vlhkosti, jejíž účinek byl sledován. Průběh zvlhčování vzorků byl zachycen pomocí snímků z mikroskopu. Suché vzorky zase byly snímkovány prostřednictvím elektronového mikroskopu. Pro naměřené hodnoty byla provedena analýza rozptylu dvojnásobného třídění, která potvrdila vliv kalandrování a dostavy na proměřované vlastnosti. Velikost těchto změn byla také stanovena.

Závislosti jednotlivých vlastností byly sledovány pomocí zhotovených grafů. Díky měření prodyšnosti za vlhka byly zachyceny unikátní změny, které nastávají vlivem poškození vlněných vláken v důsledku kalandrování. Pozorováním závislosti proměřovaných vlastností na obsahu vlhkosti, byla nalezena vysoká lineární závislost mezi prodyšností, jako nepřímým vyjádřením porosity a tepelným odporem nebo tepelnou jímavostí. Proto byly pro obě vlastnosti stanoveny regresní funkce, které mají za úkol demonstrovat propojenost tak zdánlivě odlišných vlastností v závislosti na sorpčních vlastnostech textilií.

Se zvyšující se dostavou, pokud se zvyšuje i plošná hmotnost a není deformována rozdílnými výrobními podmínkami, se nepatrně snižuje tepelná jímavost a zvyšuje se tepelný odpor. Prodyšnost se vlivem vyšší strojové dostavy snižuje. Výraznější vliv má kalandrování, jehož použití zvyšuje tepelnou jímavost, snižuje tepelný odpor a prodyšnost. Platí předpoklad, že kalandrování zhoršuje tepelně komfortní vlastnosti vlnářských textilií. Zlepšení tepelné izolace lze dosáhnout použitím neupravených vzorků. Pokud však je kalandrování vyžadováno k zajištění jiných vlastností, lze vykompenzovat jeho účinek přidáním nití v dostavě. V každém případě

se však zhorší prodyšnost, protože ta je ovlivněna obojím negativně. Tyto jednoduché logické závislosti platí přibližně do 20 % zavlhčení tkanin. Při vyšších vlhkostech je chování tkanin závislé na jejich skutečné plošné hmotnosti a sorpčních vlastnostech, které jsou ovlivňovány v případě vlněných vláken i působením vysoké teploty a tlaku při kalandrování. V důsledku porušení vlněných vláken vykazují kalandrované textilie paradoxně velmi vysoké prodyšnosti od 40 % zavlhčení. Ani jejich tepelně izolační vlastnosti nejsou ovlivněny negativně v porovnání s neupravenými vzorky. Zda jsou to vlastnosti pozitivní, záleží na účelu použití tkanin. Při pohybu v extrémně chladných podmínkách by prodyšnost vlhkého oděvu byla nevítanou vlastností. Vlnářské tkaniny však pro tyto činnosti používány nejsou. Při běžné kancelářské činnosti v zimních měsících, kdy nedochází k přílišnému ochlazování organismu pocením, budou příjemnější komfort zajišťovat neupravené tkaniny. Určitou výhodou upravených tkanin může naopak být schopnost rychlejšího schnutí a zajištění prodyšnosti např. při zmoknutí nebo potřísnění vodou a to bez zhoršených tepelně izolačních vlastností oproti neupravené tkanině. Této vlastnosti by bylo možné využít při činnostech spojených s prací s kapalnou vlhkostí, kde je vítána prodyšnost i při vysokých procentech zavlhčení.

Použití keprových tkanin se zdá být z hlediska komfortu nejméně vhodné. Jsou velmi neprodyšné a přitom neposkytují zlepšenou izolaci oproti plátnovým. Jejich tepelná jímavost je navíc vysoká, takže při zvýšení vlhkosti v důsledku neprodyšnosti, budou navíc ještě vykazovat velmi chladný omak.

Z dostupných vzorků nelze vybrat jeden s optimálními vlastnostmi. Tepelná jímavost a tepelný odpor jsou za sucha i při zavlhčení natolik podobné, že z pohledu uživatele zřejmě nebudou postřehnutelné rozdíly. K celkovému pocitu komfortu však přispívá mnoho součinitelů a každý drobný příspěvek je přínosem. Zejména, když uvážíme, že měřené vzorky se neliší ničím jiným než provedenou úpravou kalandrování. Pak se zjištěné změny zdají být velmi významné.

Použité informační zdroje

- [1] Hes L., Sluka P.: Úvod do komfortu textilií. Skriptum. Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2005.
- [2] Pakostová V.: Oděvní komfort. Věra Pakostová [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://pakostova.pellican.cz/publikace.php>>
- [3] Staňek D.: Hodnocení komfortu ochranných oděvů příslušníků jednotek PO za standardních a extrémních podmínek při zásahu. Diplomová práce. Technická univerzita Ostrava – Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2008.
- [4] Das A., Alagirusamy R.: Science in clothing comfort. New Delhi: A Woodhead Publishing India, 2010. ISBN 1-84569-789-8.
- [5] Růžicková D.: Oděvní materiály. Skriptum Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2003. ISBN 80-7083-682-2.
- [6] Hes L., Loghin C.: Heat, moisture and air transfer properties of selected woven fabrics in wet state. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics Vol. 2 No. 3, 2009. doi:10.3993/jfbi12200901.
- [7] Ueda H., Havenith G.: The effect of fabric air permeability on clothing ventilation. Science Direct [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1572347X05800540>>
- [8] Havrdová M.: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin. Disertační práce. Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2004.
- [9] Křelinnová A.: Měření optických vlastností turbidních médií se zaměřením na predikci prodyšnosti textilií. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2007.
- [10] Škarda P.: Klimatizaci zefektivní i manekýn Hugo. Brněnský deník cz [online]. 2007 [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <http://brnensky.denik.cz/zpravy_region/klimatizace_tiskovka_vut_brno_.html>
- [11] ČSN EN 31092 (800819): Textilie - Zjišťování fyziologických vlastností - Měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek

- (zkouška pocení vyhřívanou destičkou) (ISO 11092: 1993). Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [12] Interní norma č. 23-304-01/01: Stanovení termofyziologických vlastností textilií. Výzkumné centrum Textil LN00B090 Technická univerzita v Liberci, 2004.
- [13] Interní norma č. 23-303-01/01: Zjišťování stupně vlhkostní jímavosti textilií. Výzkumné centrum Textil LN00B090 Technická univerzita v Liberci, 2003.
- [14] Air Permeability Tester FX 3300 LabAir IV. Textest Instruments [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <http://www.textest.ch/pages_en/3300-IV_en.htm>
- [15] Militký J.: Textilní vlákna klasická a speciální. Skriptum. Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2002.
- [16] Vlastnosti vláken. Studijní materiály. Katedra textilních materiálů Technická univerzita v Liberci [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/?q=cs/materialy>>
- [17] Chatterjee P. K., Gupta B. S.: Absorbent technology. Amsterdam: Elsevier Science B. V., 2002. ISBN 0-444-50000-6.
- [18] Koroze a degradace přírodních textilních vláken. Studijní materiály. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze_materialu_pr_o_restauratory/kadm/html/polymerni_mat.htm>
- [19] Broadbent A. D.: Basic principles of textile coloration. Society of dyers and colourists. 2001. ISBN 0901956767.
- [20] Kolektiv autorů: Zušlechťování textilií. Skriptum. Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2008. ISBN 978-80-7372-321-7
- [21] Pastrnek R., Vlach P.: Finální úpravy textilií. Skriptum. Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2002.

- [22] Calendering. KnowPap – Learning Environment [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <http://www.knowpap.com/www_demo/english/paper_technology/6_calendering/0_introduction/kalanteroinnin_periaate_img.htm>
- [23] Kamath M. G., Dahyia A.: Thermal bonding of nonwoven fabrics [online]. 2004 [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://web.utk.edu/~mse/Textiles/Thermal%20Bonding.htm>>
- [24] Calendering. About.com [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://desktoppub.about.com/od/glossary/g/Calendering.htm>>
- [25] Technologie objemového tváření – válcování. Studijní materiály. Technická univerzita v Liberci – Fakulta strojní – Katedra strojírenské technologie [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/02.htm>
- [26] Alexander T.: Caribbean home economics in action. Oxford : Heinemann, 2002. ISBN 0435980467
- [25] Kusters. Wotol [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <http://www.wotol.com/1-kusters-212-40-1800-180-cm-calender-machine/second-hand-machinery/prod_id/201452>
- [26] NIPCO L and NIPCO Chaising calender. Ramisch Guarneri [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <http://www.guarneri.it/nipco_chaising.htm>
- [27] Vik M.: Finální úpravy textilií. Studijní materiály. Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní - Katedra textilní chemie [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/index.php?page=pedcin>>
- [28] Embossed polyester woven fabrics. Uliko [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://uliko.squarespace.com/material-inspiration/2010/11/24/embossed-polyester-woven-fabrics.html>>
- [29] Industry case study – Decatised fabrics. Sheepcrc [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.sheepcrc.org.au/resources/wool-program-brochures.php?rt=1311911831>>

- [30] Lafer spa macchine tessili [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <http://www.laferspa.com/a_11_EN_14_1.html>
- [31] Continuous high temperature, high pressure calendering/decatizing/fixing method for fabrics and relative device EP 1002151 B1 [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.google.com/patents/EP1002151B1?cl=en>>
- [32] Vik M.: Osobní konzultace.
- [33] Čandová J., Wiener J.: Influence of textile finishing – possible calculations of property changes. 15. Conference STRUTEX. Technická univerzita v Liberci, 2008. ISBN 978-80-7372-418-4.
- [34] Průdková J.: Vliv neplstivých úprav na tepelný komfort vlněných tkanin. Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2011
- [35] Bursa P.: Návrh a ověření nové normy pro měření paropropustnosti vlhkých textilií. Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2011.
- [36] Holemá K.: Vliv teploty a vlhkosti vzduchu na měření termofyziologických vlastností textilií pomocí Skin Modelu. Bakalářská práce, Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2010.
- [37] Čekon J.: Vliv vlhkosti na propustnost tkanin pro pracovní oděvy. Diplomová práce, Technická univerzita v Liberci – Fakulta textilní, 2006.
- [38] Company profile. Yünsa [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.yunsa.com/en/index.html>>
- [39] Požehování. e-LTex. [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.skolertextilu.cz/zus/index.php?page=3>>
- [40] Praní. e-LTex. [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.skolertextilu.cz/zus/index.php?page=8>>
- [41] Lavanova Multifix. CIMI Textile machines [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.cimi.it/ing/home-f.html>>

- [42] Stenter – Optima 2510. Swastik [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.swastiktextile.com/stenter.html>>
- [43] Vybrané kapitoly z textilních vláken - Syntetická vlákna. Studijní materiály. Katedra textilních materiálů Technická univerzita v Liberci [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/?q=cs/materialy>>
- [44] Vybrané kapitoly z textilních vláken - Chemická vlákna. Studijní materiály. Katedra textilních materiálů Technická univerzita v Liberci [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/?q=cs/materialy>>
- [45] Hudečková J.: Degradace textilních materiálů vlivem půdního prostředí. Diplomová práce, Masarykova univerzita v Brně – Přírodovědecká fakulta, 2011.
- [46] Katalog přístrojů ALAMBETA, výrobce SENSORA Liberec, Česká Republika
- [47] Měření tepelných vlastností na přístroji ALAMBETA, Interní norma 23-304-02/01, Liberec: Výzkumné centrum Textil LN00B090, 2004.
- [48] ANOVA / MANOVA. StatSoft electronic statistics textbook [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <<http://www.statsoft.com/textbook/>>
- [49] Dubjaková E.: Metody mnohonásobného porovnávání pro jednoduché třídění. Diplomová práce, Masarykova univerzita v Brně – Přírodovědecká fakulta, 2009
- [50] Korelační koeficienty. Studijní materiály. Masarykova univerzita v Brně [online]. [cit. 5.5.2013] Dostupné na internetu <is.muni.cz/el/1451/jaro2009/np015/3statistika.pdf>

Seznam obrázků

Obr. 1: Tepelná soustava: organismus-oděv-prostředí dle [1].....	3
Obr. 2: Schéma přístroje Alambeta dle [2]	17
Obr. 3: FX 3300 model LabAir IV dle [14].....	29
Obr. 4: Sorpční izoterma pro zvyšující se relativní vlhkost vzduchu dle [15]	31
Obr. 5: Sorpční izoterma pro konstantní relativní vlhkost vzduchu dle [15]	31
Obr. 6: Rovnovážné vlhkosti různých vláken v závislosti na relativní vlhkosti vzduchu dle [16].....	32
Obr. 7: Základní princip technologie kalandrování dle [22]	36
Obr. 8: Uložení tvrdého a měkkého válce kalandrovacího stroje dle [25]	37
Obr. 9: Vrstvicí kalandrovací stroj dle [26].....	39
Obr. 10: Embosované vzory na módních polyesterových tkaninách dle [28]	40
Obr. 11: Fotografie vláken z elektronového mikroskopu s pozlacením	55
Obr. 12: Stereomikroskop Leica S6 v laboratoři Ege univerzity.....	63
Obr. 13: Elektronový mikroskop: Vzorek 7 – matný 28,5 líc – s pozlacením	66
Obr. 14: Elektronový mikroskop: Vzorek 5 – lesklý 27,5 líc – bez pozlacení.....	66
Obr. 15: Elektronový mikroskop: Vzorek 1 – matný 26,5 líc – bez pozlacení	67
Obr. 16: Elektronový mikroskop: Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 líc – bez pozlacení.....	68
Obr. 17: Krabicový graf pro tepelnou jímavost za sucha	70
Obr. 18: Krabicový graf pro tepelný odpor za sucha	72
Obr. 19: Graf tepelné jímavosti za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 26,5 nitě.....	84
Obr. 20: Graf tepelné jímavosti za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 27,5 nitě.....	86
Obr. 21: Graf tepelné jímavosti za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 28,5 nitě.....	88
Obr. 22: Graf tepelné jímavosti za vlhka pro vzorky s rozdílnou vazbou	90
Obr. 23: Graf tepelného odporu za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 26,5 nitě	92

Obr. 24 : Graf tepelného odporu za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 27,5 nitě	94
Obr. 25 : Graf tepelného odporu za vlhka pro plátňové vzorky s dostavou 28,5 nitě	95
Obr. 26 : Graf tepelného odporu za vlhka pro vzorky s rozdílnou vazbou.....	97
Obr. 27: Krabicový graf pro prodyšnost za sucha	100
Obr. 28: Graf prodyšnosti za vlhka pro matné vzorky	106
Obr. 29: Graf prodyšnosti za vlhka pro lesklé vzorky	108
Obr. 30: Graf prodyšnosti za vlhka pro velmi lesklé vzorky.....	110
Obr. 31: Graf prodyšnosti za vlhka pro vzorky s malou dostavou	112
Obr. 32: Graf prodyšnosti za vlhka pro vzorky se střední dostavou.....	114
Obr. 33: Graf prodyšnosti za vlhka pro vzorky s velkou dostavou	115
Obr. 34: Graf prodyšnosti za vlhka pro odlišnou vazbu	116
Obr. 35: 3D graf pro prodyšnost neupravených vzorků za vlhka.....	120
Obr. 36: 3D graf pro prodyšnost lesklých vzorků za vlhka	121
Obr. 37: 3D graf pro prodyšnost velmi lesklých vzorků za vlhka.....	122
Obr. 38: Vzorek 3 – matný 26,5 – 100 % zavlhčení.....	123

Seznam tabulek

Tab. 1: Tabulka vzorků s informacemi udávanými výrobcem	48
Tab. 2: Vlastnosti vlákenných podílů	53
Tab. 3: Dostava a plošná hmotnost	64
Tab. 4: Popisná statistika pro tepelnou jímavost	69
Tab. 5: Popisná statistika pro tepelný odpor	71
Tab. 6: Testové kritérium a p-hodnoty S-W testu pro tepelnou jímavost.....	74
Tab. 7: Výsledky analýzy rozptylu pro tepelnou jímavost	75
Tab. 8: Tabulka homogenních skupin pro efekt kalandrování na tepelnou jímavost	76
Tab. 9: Tabulka homogenních skupin pro efekt strojové dostavy na tepelnou jímavost	77
Tab. 10: Tabulka homogenních skupin pro kombinovaný efekt strojové dostavy a kalandrování na tepelnou jímavost	78
Tab. 11: Testové kritérium a p-hodnoty S-W testu pro tepelný odpor	79
Tab. 12: Výsledky analýzy rozptylu pro tepelný odpor.....	80
Tab. 13: Tabulka homogenních skupin pro efekt kalandrování na tepelný odpor	81
Tab. 14: Tabulka homogenních skupin pro efekt strojové dostavy na tepelný odpor	81
Tab. 15: Tabulka homogenních skupin pro kombinovaný efekt strojové dostavy a kalandrování na tepelný odpor.....	82
Tab. 16: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelnou jímavost plátnových vzorků s dostavou 26,5 nitě za vlhka.....	85
Tab. 17: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelnou jímavost plátnových vzorků s dostavou 27,5 nitě za vlhka.....	87
Tab. 18: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelnou jímavost plátnových vzorků s dostavou 28,5 nitě za vlhka.....	88
Tab. 19: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelnou jímavost vzorků s různou vazbou	90

Tab. 20: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelný odpor vzorků s malou dostavou	93
Tab. 21: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelný odpor vzorků se střední dostavou	94
Tab. 22: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelný odpor vzorků s velkou dostavou	96
Tab. 23: Rovnice regrese a indexy determinace pro tepelný odpor vzorků s rozdílnou vazbou	97
Tab. 24: Popisná statistika pro prodyšnost	99
Tab. 25: Testové kritérium a p-hodnoty S-W testu pro prodyšnost.....	101
Tab. 26: Výsledky analýzy rozptylu pro prodyšnost	102
Tab. 27: Tabulka homogenních skupin pro efekt strojové dostavy na prodyšnost.....	103
Tab. 28: Tabulka homogenních skupin pro efekt kalandrování na prodyšnost	103
Tab. 29: Tabulka homogenních skupin pro efekt strojové dostavy a kalandrování na prodyšnost	104
Tab. 30: Rovnice regrese a indexy determinace pro prodyšnost plátňových vzorků bez kalandrování.....	106
Tab. 31: Rovnice regrese a indexy determinace pro prodyšnost lesklých vzorků.....	108
Tab. 32: Rovnice regrese a indexy determinace pro prodyšnost velmi lesklých vzorků	110
Tab. 33: Rovnice regrese a indexy determinace pro prodyšnost vzorků s různou vazbou.....	117

Seznam příloh

Příloha 1: Informace o provedených úpravách vzorků poskytnutých firmou Yünsa ...	141
Příloha 2: Technický popis mikroskopu Phenom	142
Příloha 3: Snímky z elektronového mikroskopu.....	143
Příloha 4: Hodnoty naměřené přístrojem Alambeta pro nezavlhčené vzorky	164
Příloha 5: ANOVA pro tepelnou jímavost a tepelný odpor.....	170
Příloha 6: Hodnoty naměřené přístrojem Alambeta pro zavlhčené vzorky.....	178
Příloha 7: Hodnoty prodyšnosti naměřené pro nezavlhčené vzorky	181
Příloha 8: ANOVA pro prodyšnost	184
Příloha 9: Hodnoty prodyšnosti naměřené pro zavlhčené vzorky	188
Příloha 10: Snímky ze stereomikroskopu	196
Příloha 11: Vícenásobná regresní analýza pro tepelně komfortní vlastnosti za vlhka .	235

Příloha 1:

Informace o provedených úpravách vzorků poskytnutých firmou Yünsa

The wet finishing processes of 3 kind of operation are the same. These wet finishing processes don't change technical properties of fabrics. But the applied dry finishing processes of F1, F2 and F3 are different. And dry finishing processes change technical and comfort properties of fabrics.

Finishing processes;

Wet Finishing:

Gassing

Rope wash

Washing

Lavanova (The fabric is fed on the machine (lavanova) tightly and open width, after that water are sprayed to the fabric)

Stenter (this machine is used to take away the fabrics tension.)

Dry Finishing:

Calendaring (The fabric is crushed (squeezed) between the hot cylinder and endless blanket. With this process, the fabric gain shiny effect and soft handle. This process is used for F2 and F3. If the reverse side of the fabric touches the hot cylinder, the fabric will have less shininess. If the face of the fabric touches the hot cylinder, the fabric will have more shiny effect. When the fabric passes between the hot cylinder and the endless blanket, the water are sprayed to fabric for adjustment shiny effect. For example if the water speed is low, the fabric will have more shiny effect. If the water speed is low, the fabric will have less shiny effect.)

This process doesn't apply to **F1**.

F2; temperature of cylinder: 120 °C, pressure of cylinder: 30 bar. The reverse side of fabric touches the cylinder and the water's speed is 20m/min.

F3; temperature of cylinder: 155°C, pressure of cylinder: 90 bar. The face of the fabric touches the cylinder and the water's speed is 5 m/min.

After calendaring process, there is two more finishing. These are shear and fixation.

Fixation process: The fabrics are roll up with synthetic fabric and wait in steam boiler.

Příloha 2:

Technický popis mikroskopu Phenom

Vysokorozlišovací stolní elektronový mikroskop (Phenom)

- kombinuje optickou kameru pro navigaci a vysoce kvalitní skenovací elektronový mikroskop (SEM) pro detailní zobrazení.

Technické parametry:

Komponenty systému PhenomTM: hlavní zobrazovací modul, monitor s dotykovou obrazovkou, otočný knoflík, diafragmové vakuové čerpadlo, napájecí zdroj a paměťový USB flash disk.

Rozsah zvětšení mikroskopu: 24x – 24 000x

Minimálním rozlišení: 30 nm

Fixní urychlovací napětí: 5 kV

Velikost zkoumaného vzorku: rozměry až 25 mm v průměru a až 30 mm do výšky.

Ukládání dat: na USB 2.0 Flash disk ve formátu JPEG, TIFF nebo BMP

Dva pracovní režimy: - světelně optický s pevným zvětšením 24x a elektronově optický se zvětšením od 400x do 24 000x s digitálním zoomem 12x.

Světelně optický režim má volitelné axiální a mimosové LED osvětlení, elektronově optický režim pracuje s termionickým zdrojem s dlouhou životností.

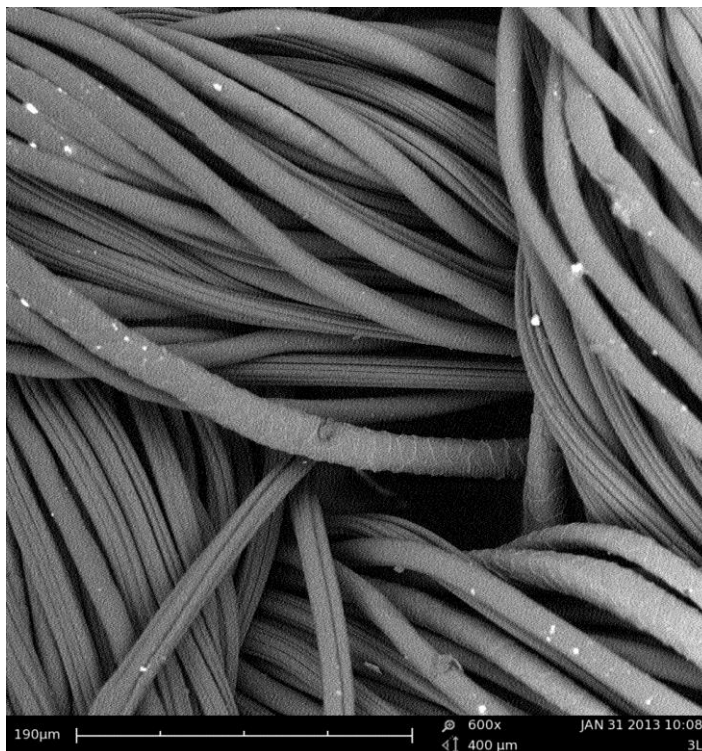
Detekce digitálního obrazu ve světelně optickém režimu využívá barevnou CCD kameru a elektronově optický režim využívá vysoce citlivý BSE detektor (detektor zpětně odražených elektronů), a to v režimu kompozičním a topografickým.

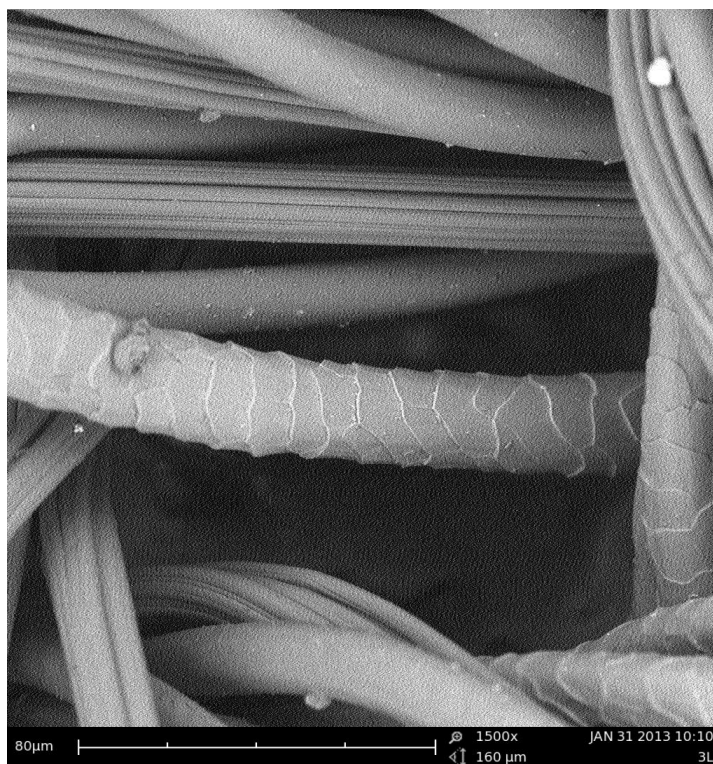
Rychlá zobrazovací schopnost: do 5 sekund po vložení ve světelně optickém režimu a do 30 sekund v elektronově optickém režimu.

Příloha 3:

Snímky z elektronového mikroskopu

Vzorek 1 – matný 26,5 líc – bez pozlacení:

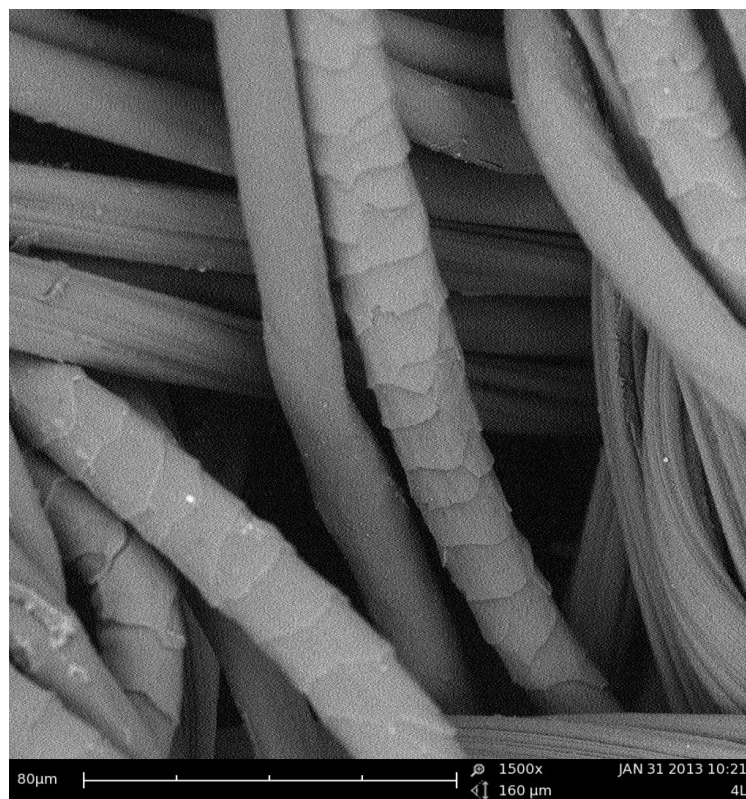




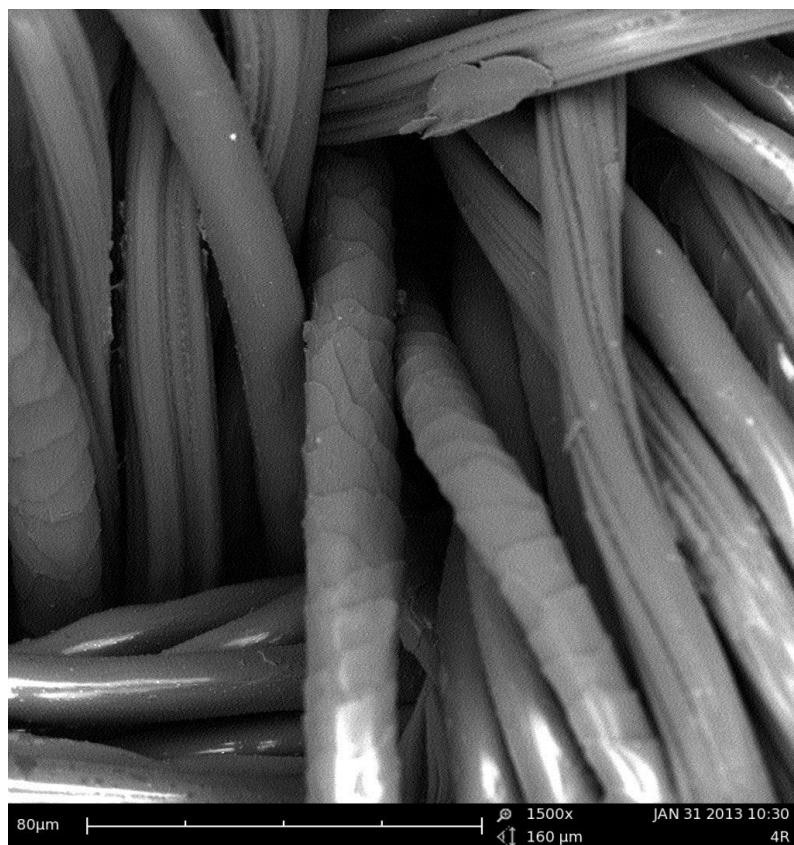
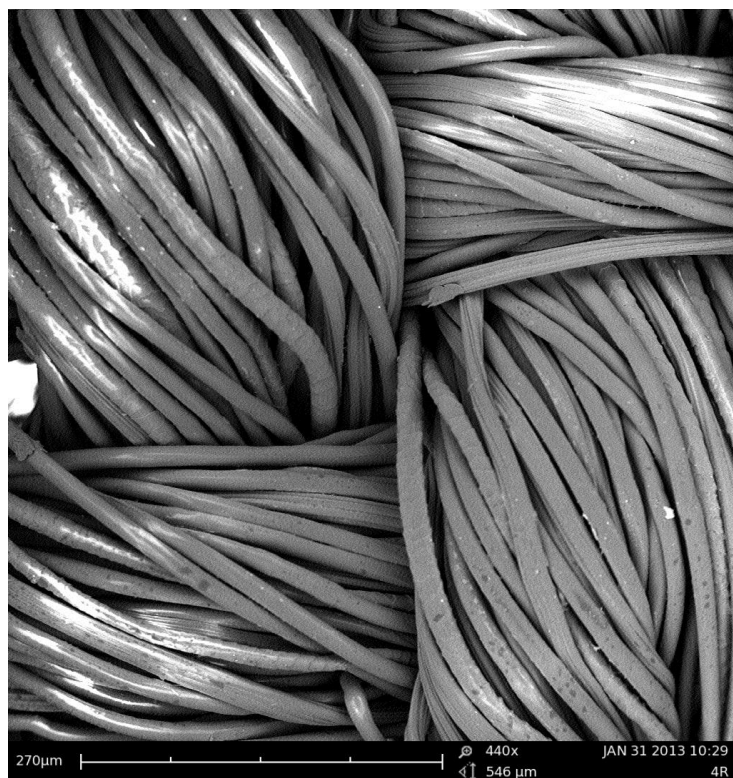
Vzorek 1 – matný 26,5 rub – bez pozlacení:



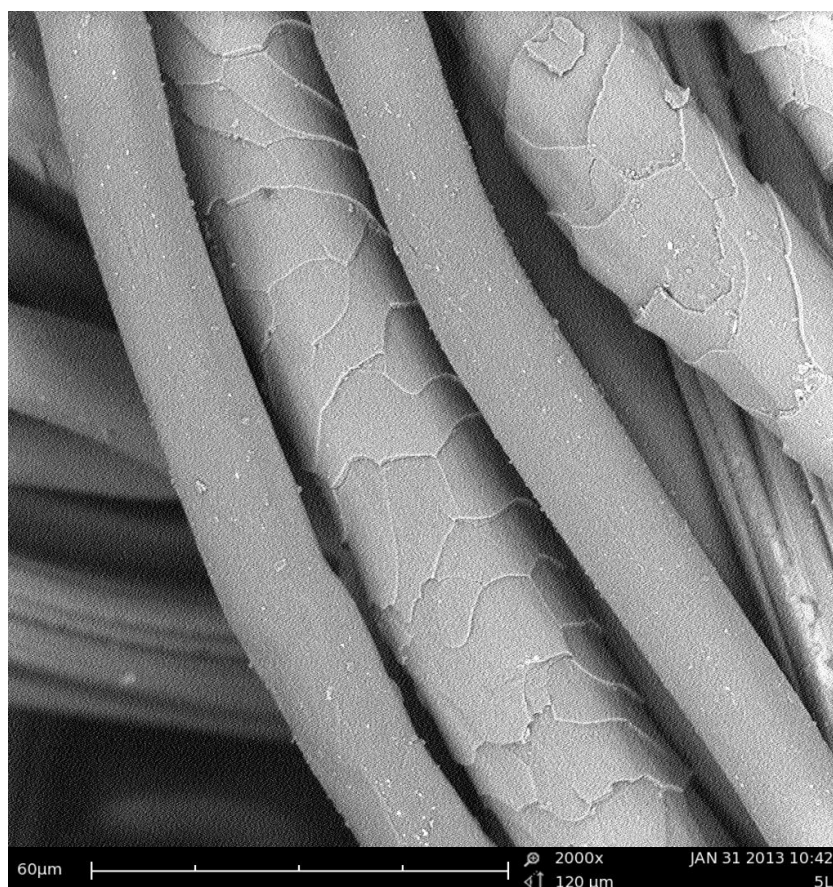
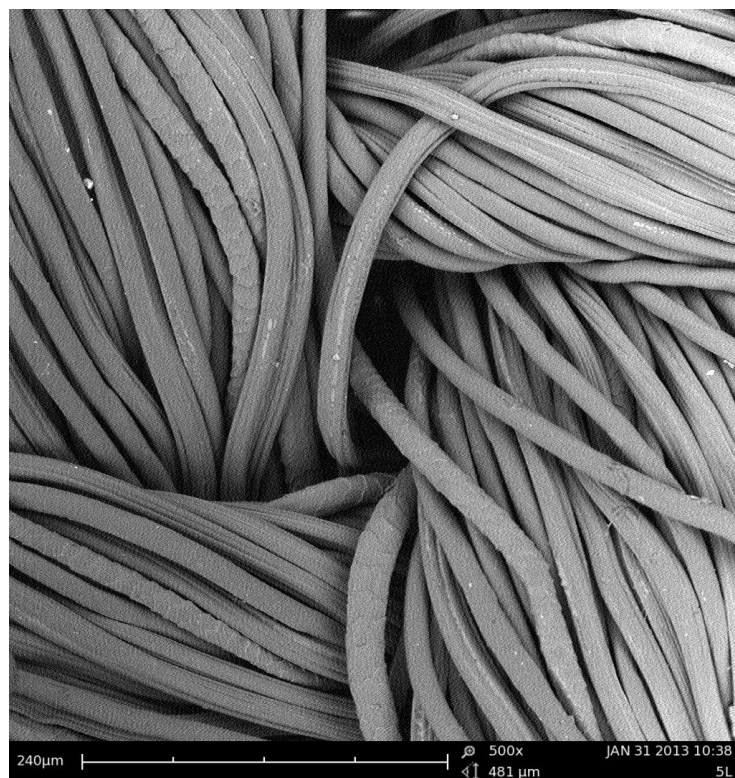
Vzorek 2 – lesklý 26,5 líc – bez pozlacení:



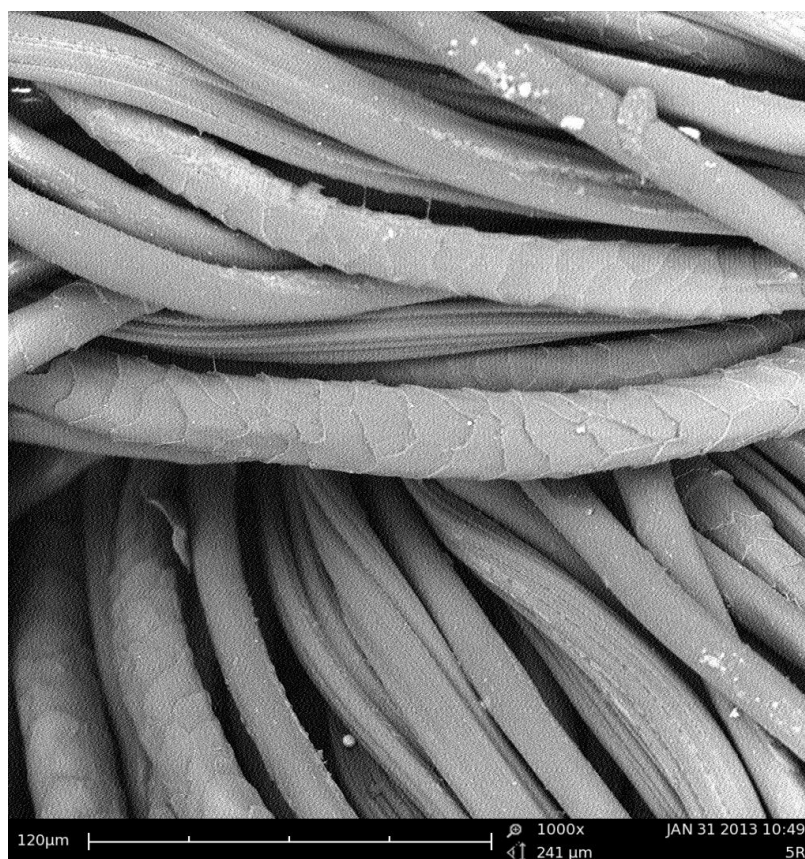
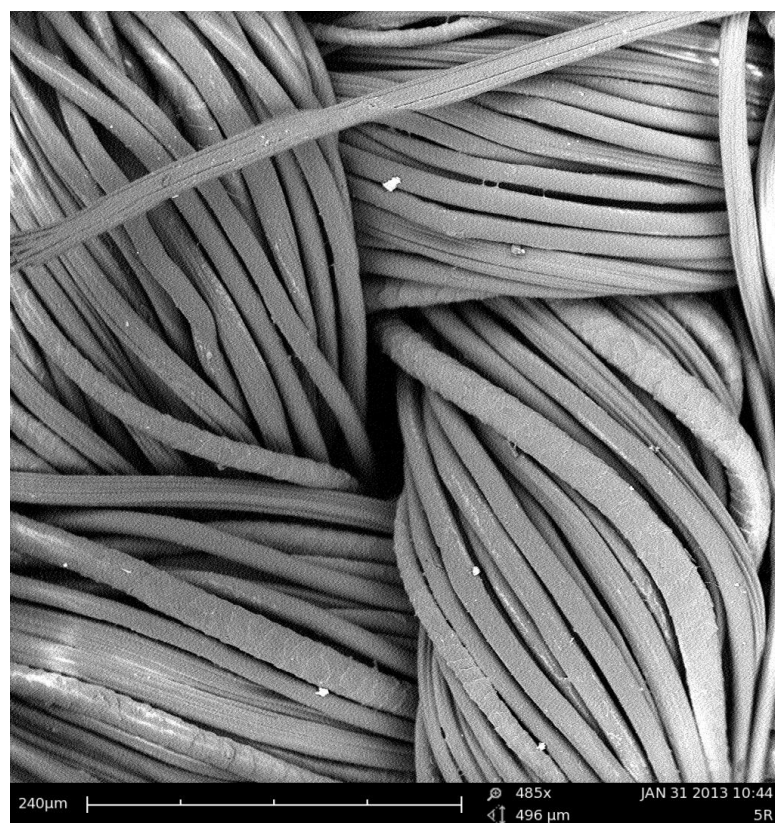
Vzorek 2 – lesklý 26,5 rub – bez pozlacení:



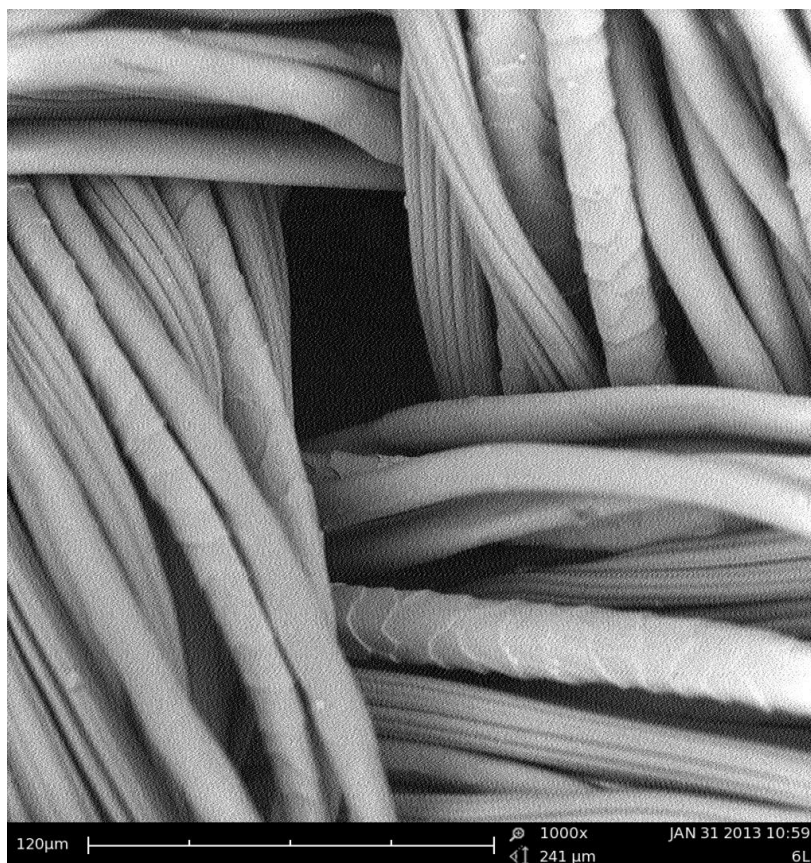
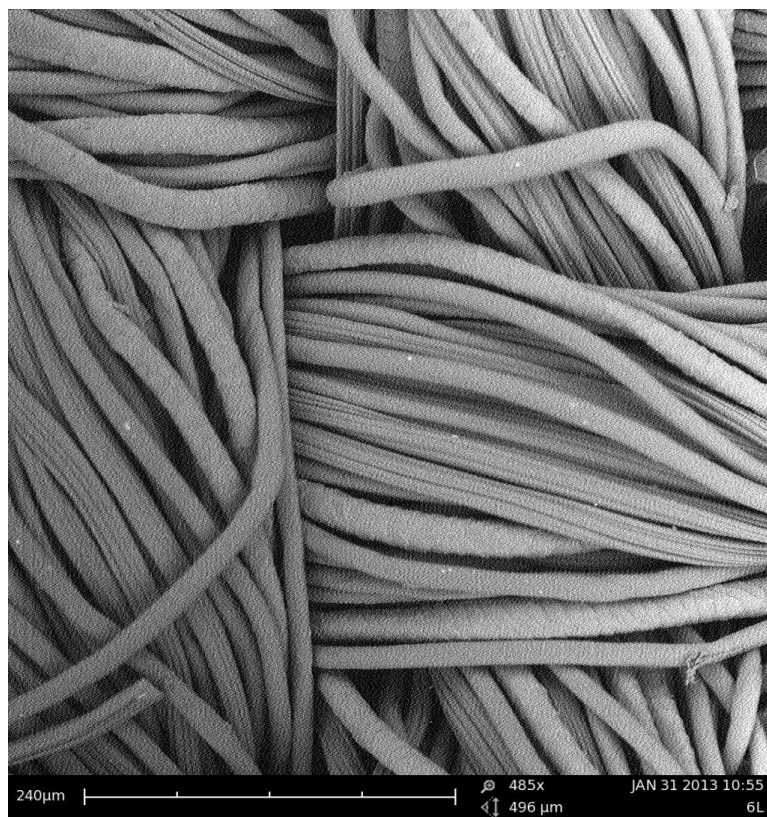
Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 líc – bez pozlacení:



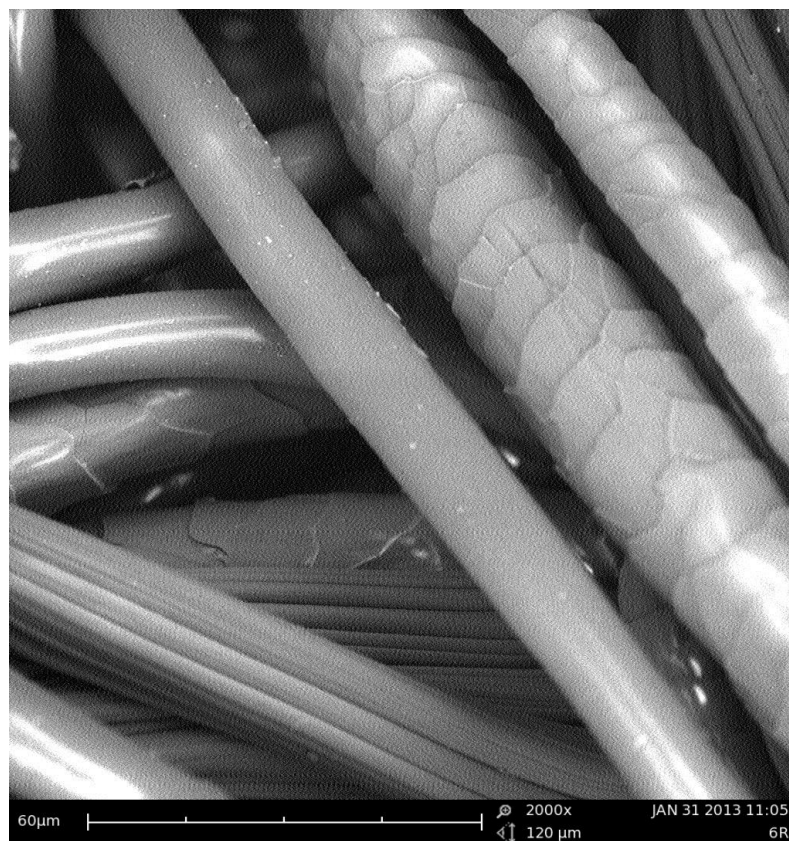
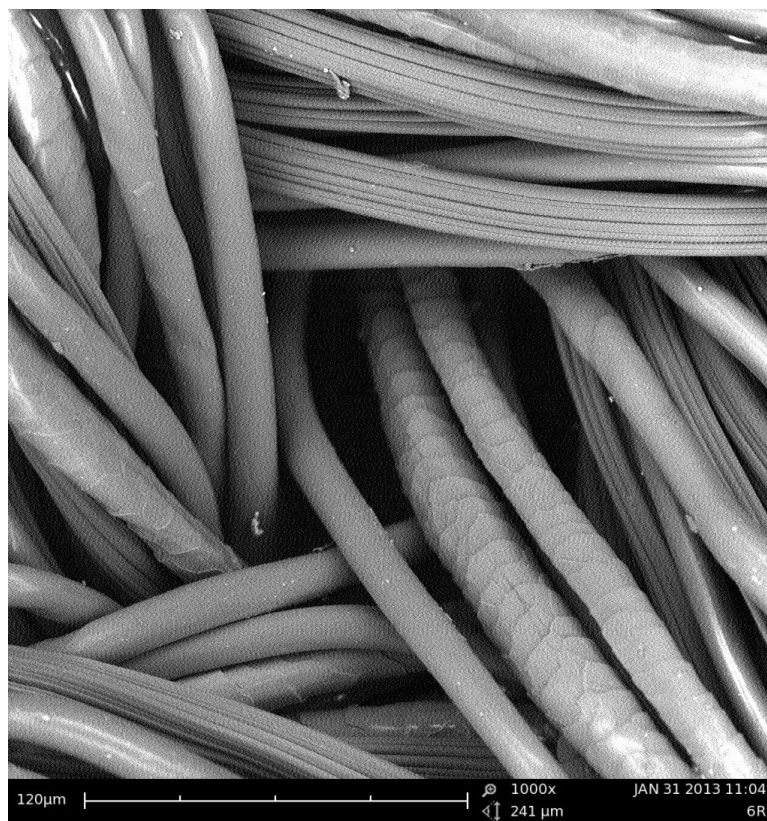
Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 rub – bez pozlacení:



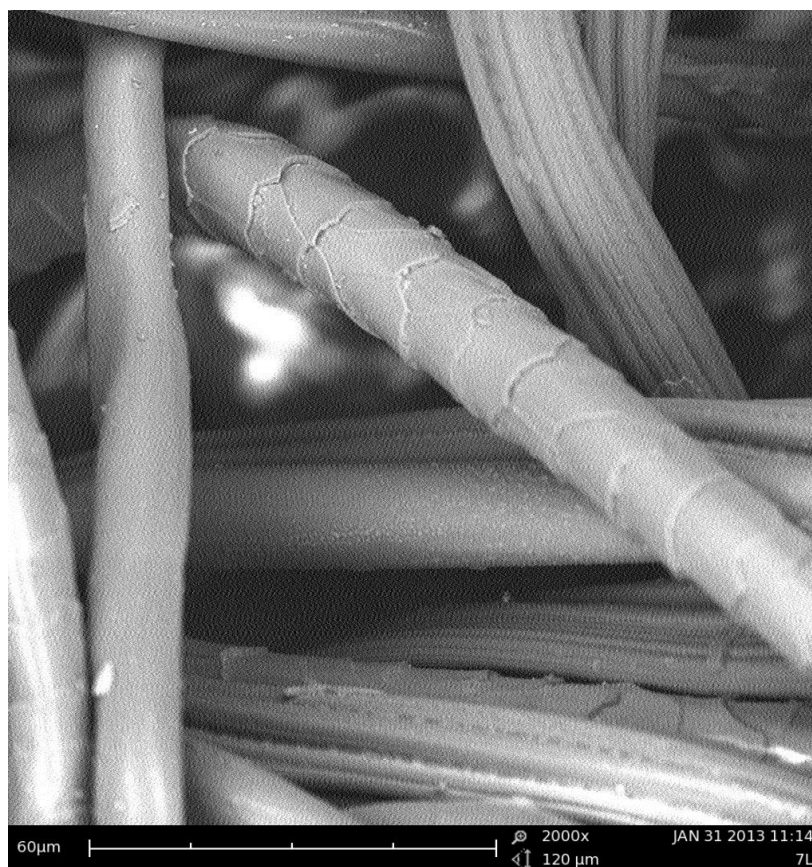
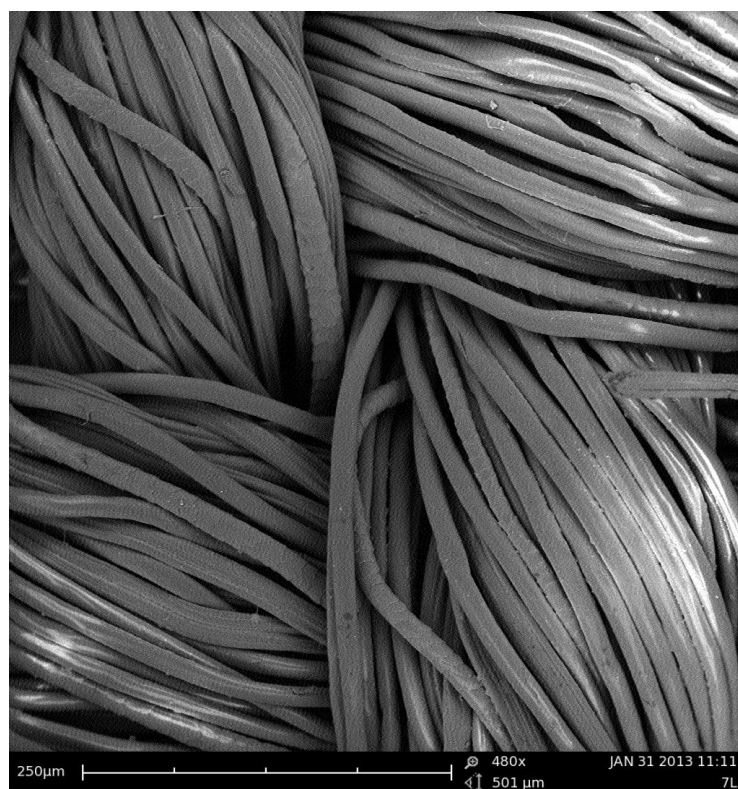
Vzorek 4 – matný 27,5 líc – bez pozlacení:



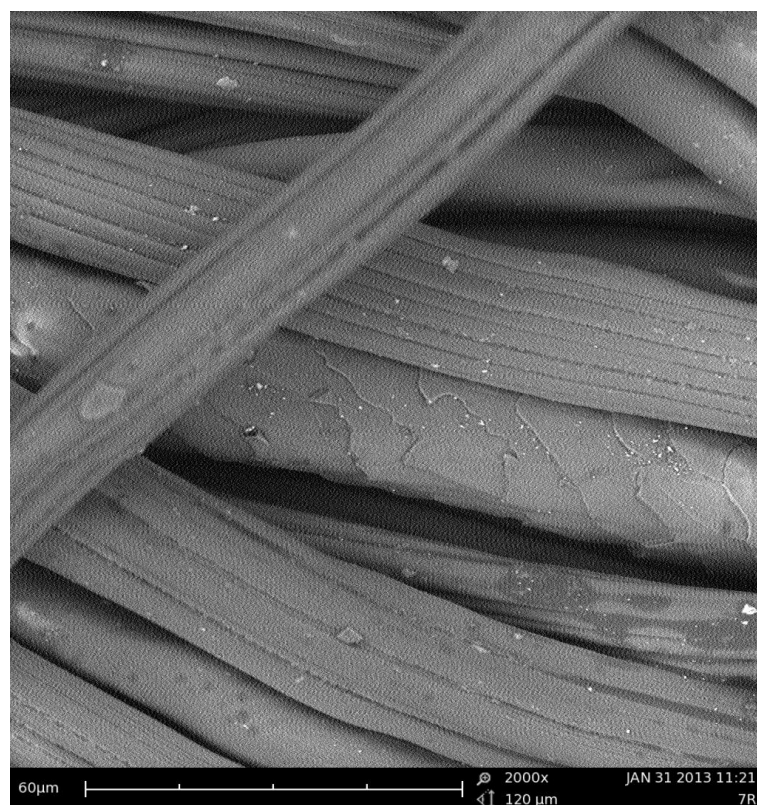
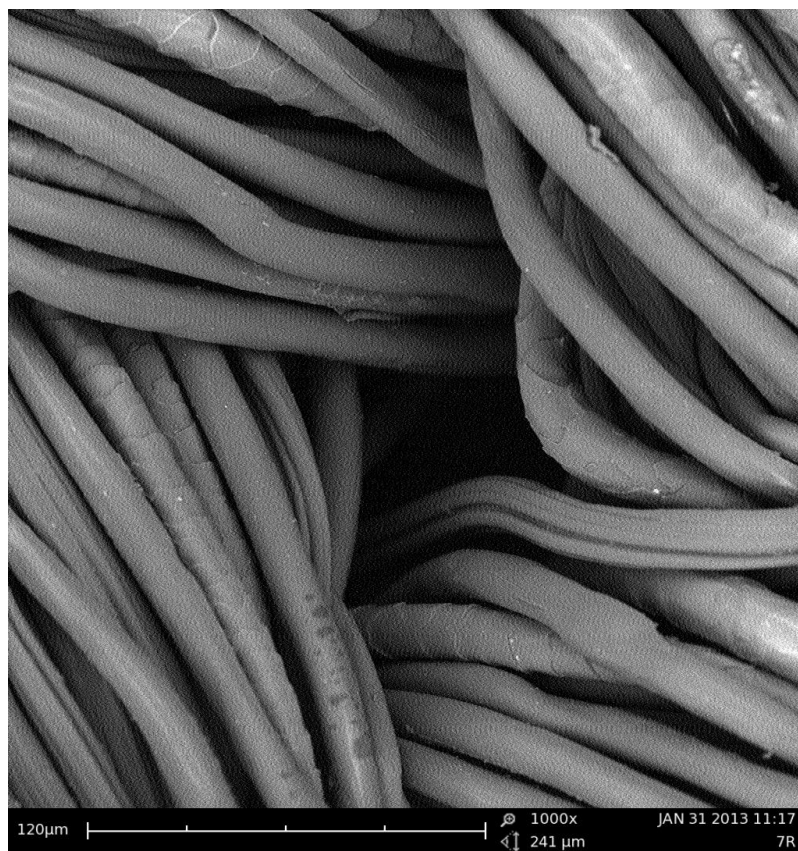
Vzorek 4 – matný 27,5 rub – bez pozlacení:



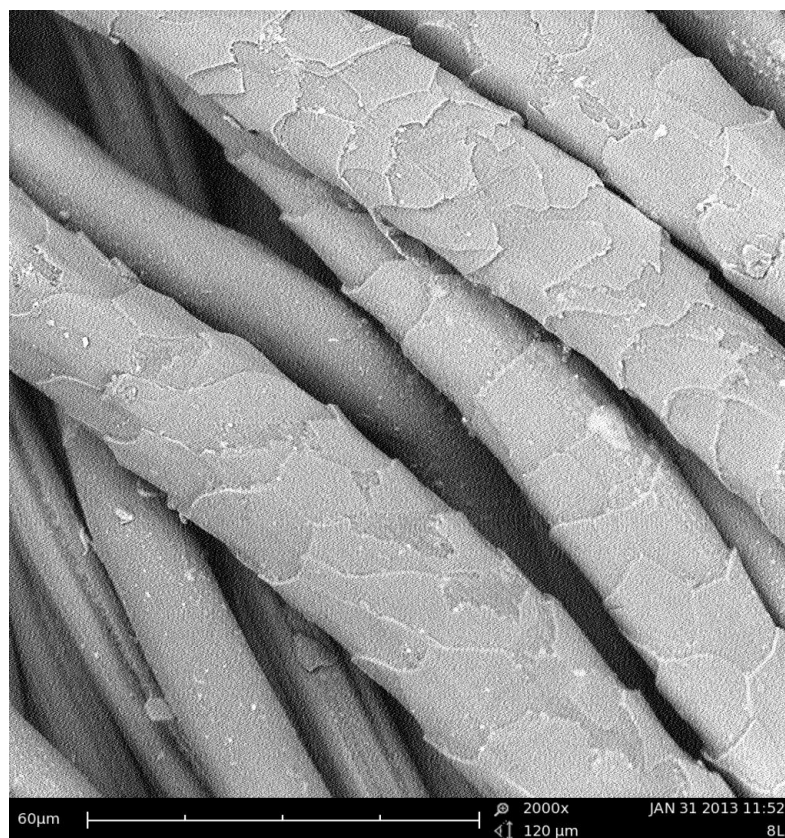
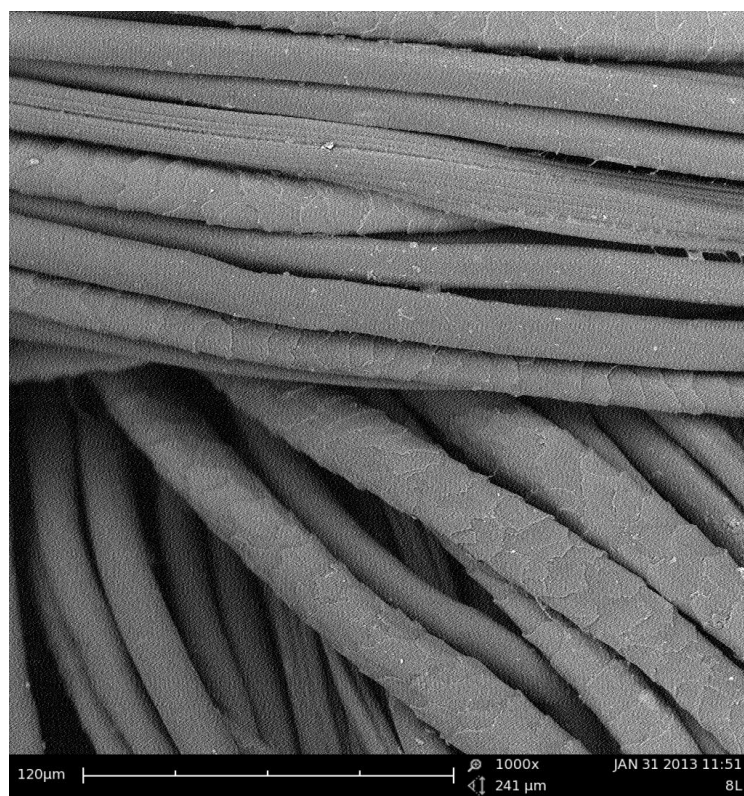
Vzorek 5 – lesklý 27,5 líc – bez pozlacení:



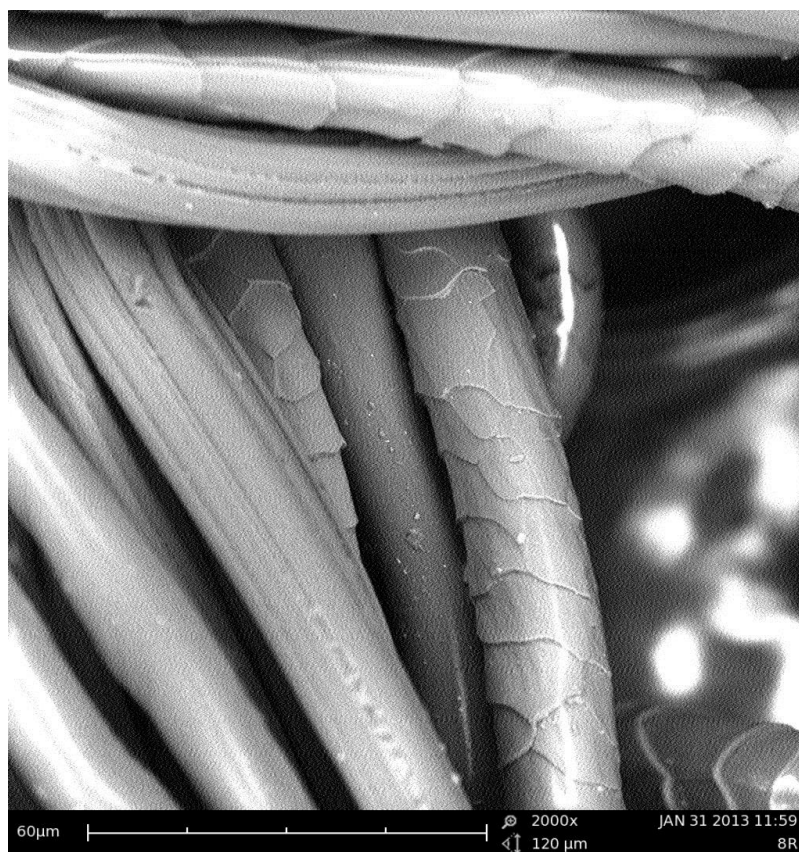
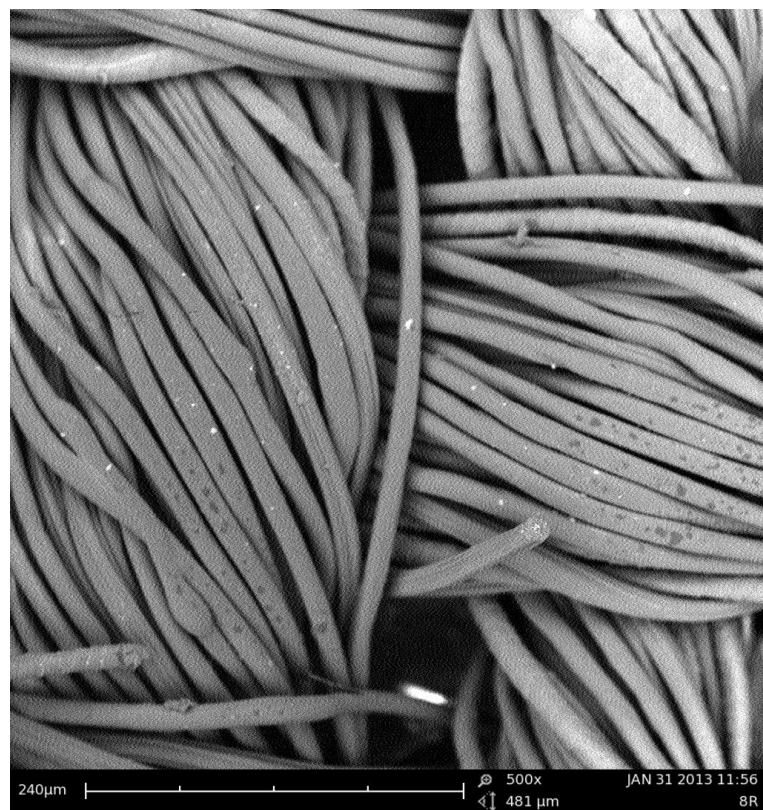
Vzorek 5 – lesklý 27,5 rub – bez pozlacení:



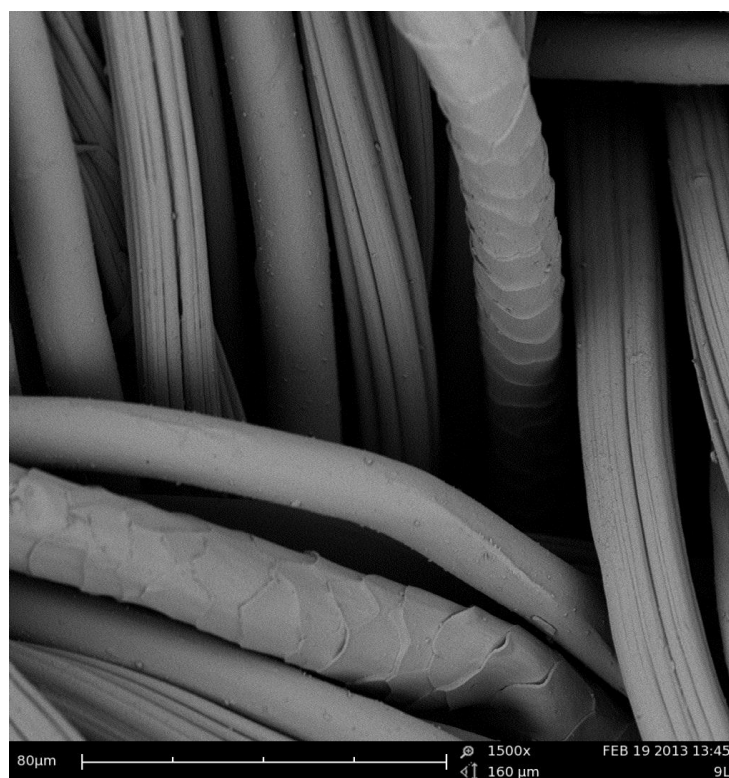
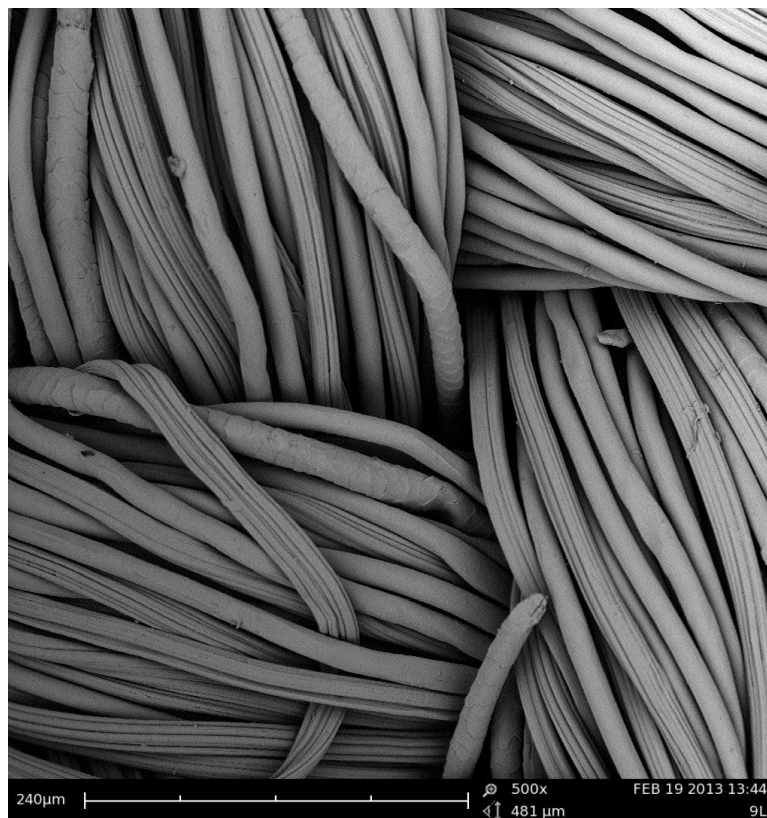
Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 líc – bez pozlacení:



Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 rub – bez pozlacení:



Vzorek 7 – matný 28,5 líc – s pozlacením:



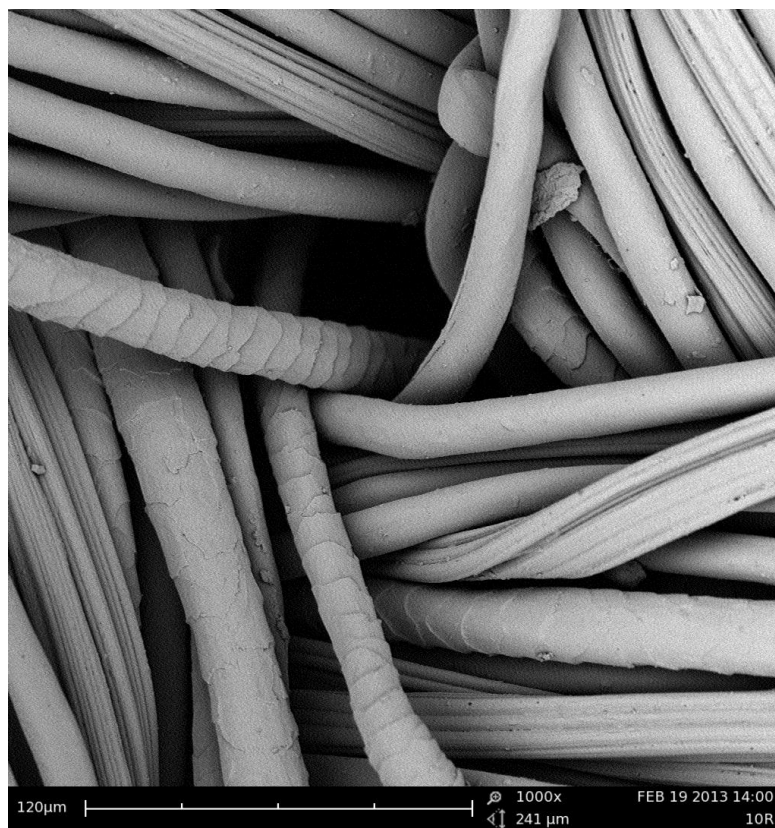
Vzorek 7 – matný 28,5 rub – s pozlacením:



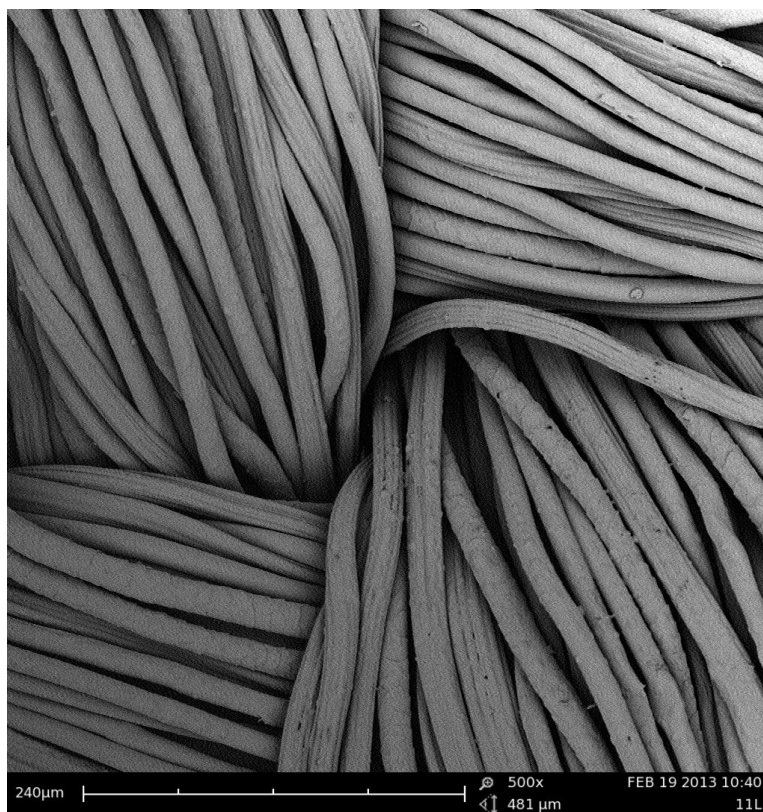
Vzorek 8 – lesklý 28,5 líc – s pozlacením:



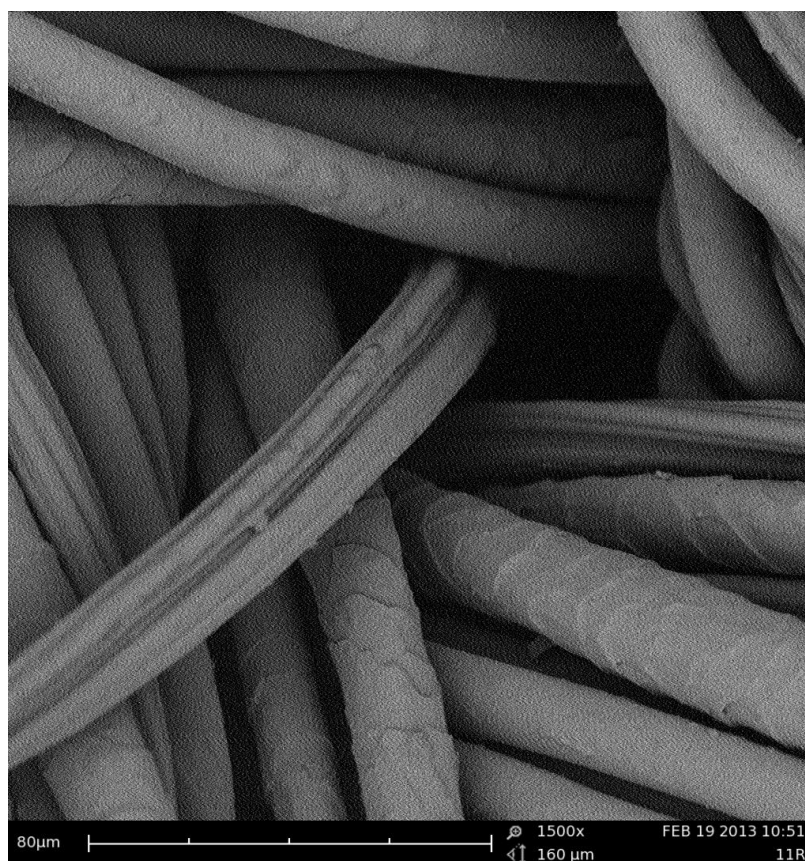
Vzorek 8 – lesklý 28,5 rub – s pozlacením:



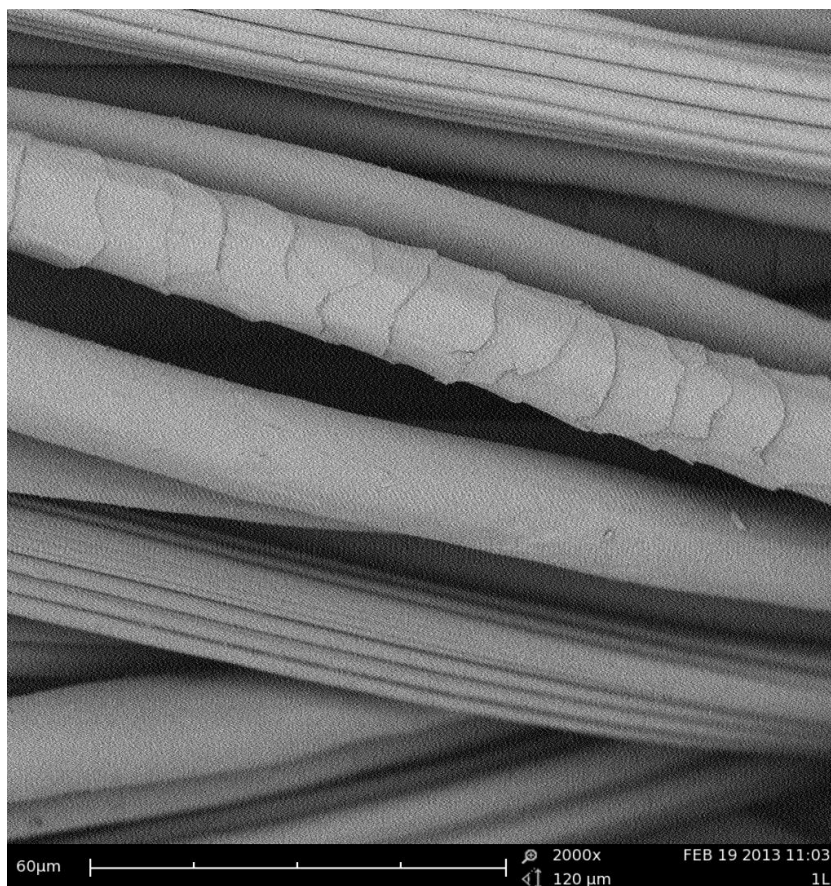
Vzorek 9 –velmi lesklý 28,5 líc – s pozlacením:



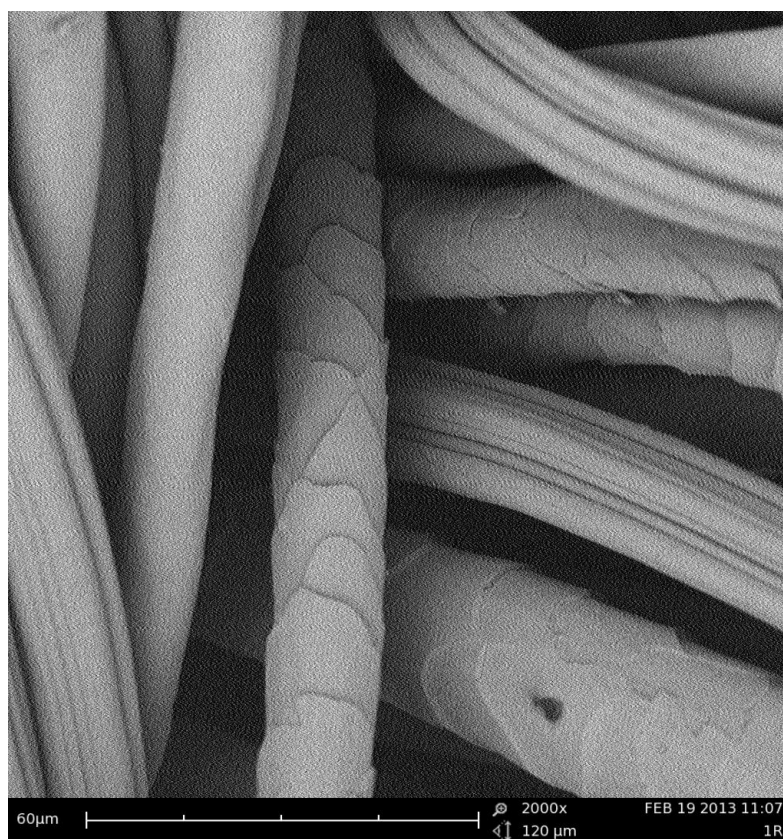
Vzorek 9 –velmi lesklý 28,5 rub – s pozlacením:



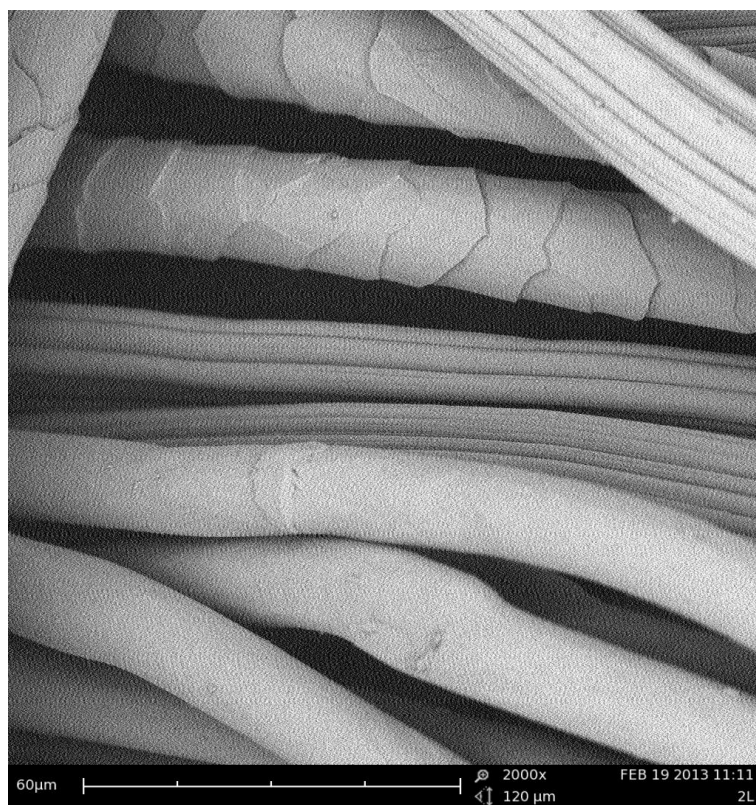
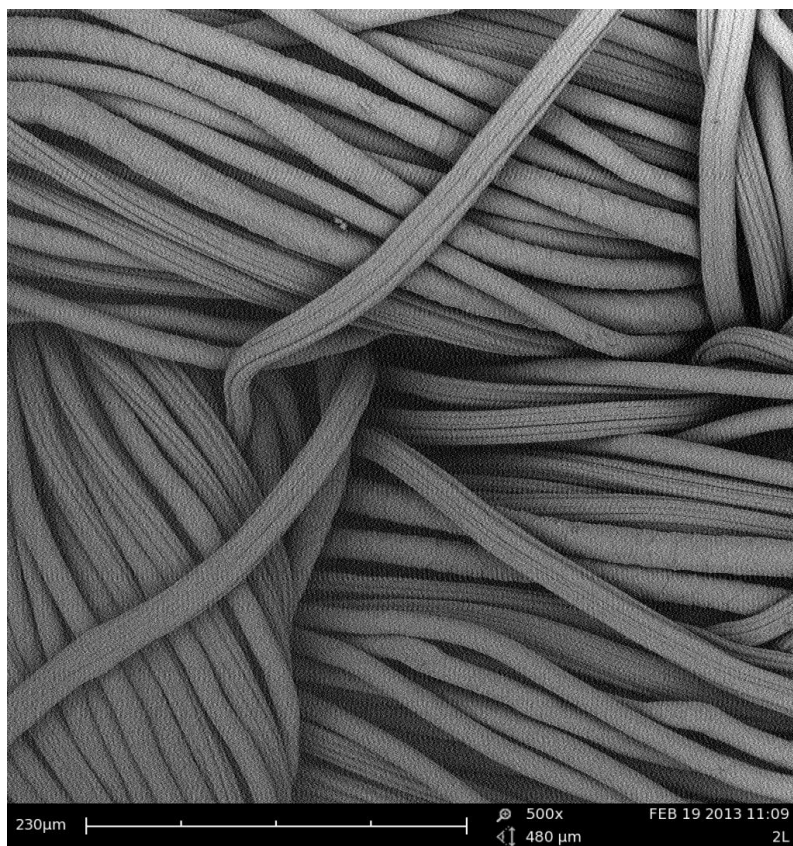
Vzorek 10 –kepr2/2 37 líc– s pozlacením:



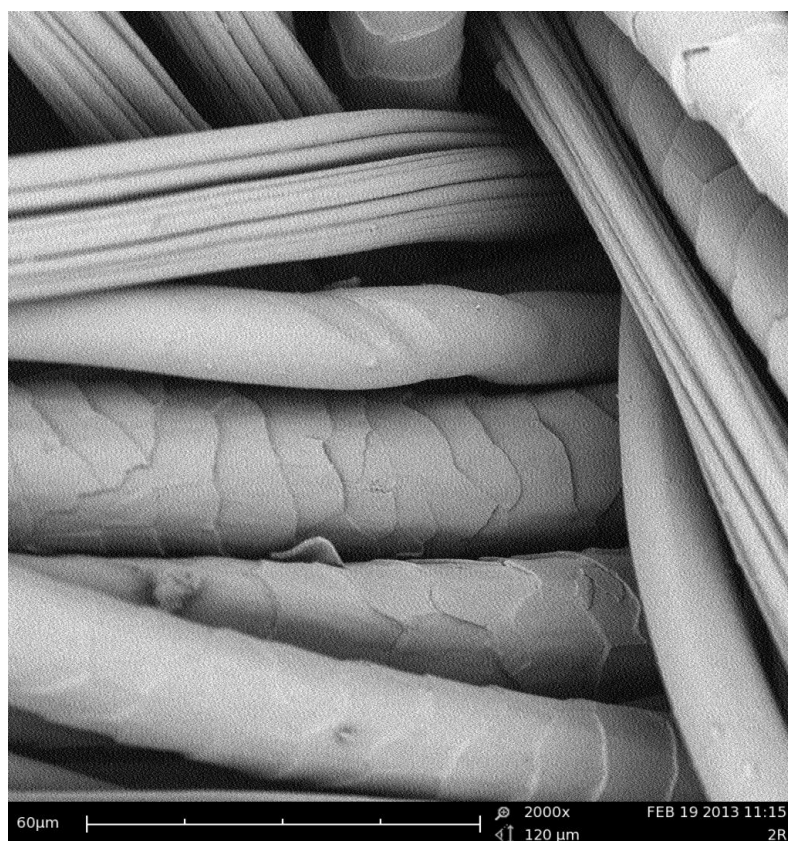
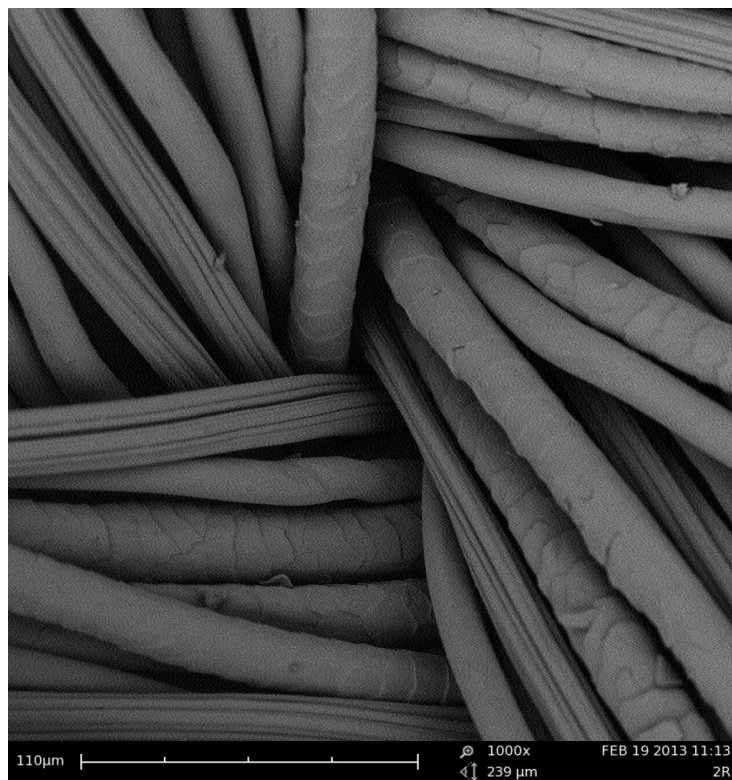
Vzorek 10 –kepr2/2 37 rub– s pozlacením:



Vzorek 11 –kepr2/1 32 líc– s pozlacením:



Vzorek 11 – kepr2/1 32 rub– s pozlacením:



Příloha 4:**Hodnoty naměřené přístrojem Alambeta při měření nezavlhčených vzorků**

Podmínky v laboratoři:

Teplota vzduchu: 21,5 - 23 °C

Vlhkost vzduchu: 21-22 %

Přítlak měřicí hlavice: 250 Pa

vzorek	λ	a	b	R_{ct}	h	p	q
	[W.m ⁻¹ K ⁻¹ 10 ³]	[m ² s ⁻¹ 10 ⁶]	[W.m ⁻² s ^{1/2} K ⁻¹]	[W ⁻¹ K.m ² 10 ³]	[mm]	[l]	[W.m ⁻²]
1 matný 26,5	42,8	0,049	192	5,7	0,24	1,14	0,592
	44,6	0,046	207	5,4	0,24	1,15	0,615
	45,1	0,047	209	5,4	0,24	1,14	0,604
	44	0,041	218	5,3	0,24	1,18	0,638
	43,2	0,047	199	5,6	0,24	1,16	0,599
	44,3	0,049	200	5,6	0,25	1,14	0,593
	46,5	0,054	200	5,5	0,26	1,15	0,602
	45,1	0,047	209	5,4	0,24	1,14	0,604
	45,4	0,051	200	5,6	0,26	1,15	0,598
	43,2	0,051	191	5,8	0,25	1,1	0,562
	41,7	0,036	221	5,8	0,24	1,23	0,628
	45,8	0,039	233	5,4	0,25	1,2	0,637
	46	0,047	211	5,6	0,26	1,2	0,631
	46,1	0,047	212	5,5	0,26	1,16	0,609
	44	0,041	218	5,3	0,24	1,18	0,638
	43	0,044	204	5,6	0,24	1,17	0,61
	46,6	0,052	204	5,6	0,26	1,16	0,608
	44	0,041	218	5,3	0,24	1,18	0,638
	45,8	0,047	212	5,6	0,26	1,16	0,61
	46,2	0,047	214	5,4	0,25	1,14	0,611
2 lesklý 26,5	44,2	0,044	211	5,2	0,23	1,16	0,633
	43,9	0,039	223	5,1	0,22	1,13	0,623
	43,4	0,039	219	5,3	0,23	1,1	0,599
	48,5	0,051	216	5	0,24	1,12	0,624
	41,9	0,037	219	5,1	0,22	1,11	0,612
	44,5	0,037	231	4,8	0,22	1,16	0,632
	43,8	0,042	214	5,2	0,23	1,14	0,615
	46,2	0,044	220	4,9	0,23	1,14	0,635
	47,4	0,054	204	5,1	0,24	1,13	0,624

	43,7	0,036	230	5,1	0,22	1,15	0,638
	44,7	0,043	217	5,1	0,23	1,14	0,631
	42,3	0,033	234	5,4	0,23	1,09	0,579
	46,5	0,044	221	5,1	0,24	1,14	0,632
	45,3	0,04	226	5,3	0,24	1,11	0,6
	46,4	0,048	212	5,2	0,24	1,09	0,595
	46,5	0,044	221	5,1	0,24	1,14	0,632
	41,7	0,036	220	5,2	0,22	1,12	0,613
	41	0,038	209	5,3	0,22	1,08	0,58
	44	0,042	214	5,2	0,23	1,1	0,596
	43,2	0,039	218	5,3	0,23	1,16	0,635
3 velmi lesklý 26,5	46,7	0,045	220	4,9	0,23	1,11	0,622
	44,4	0,042	217	4,9	0,22	1,12	0,636
	44,1	0,031	249	4,7	0,21	1,13	0,642
	48,9	0,055	209	4,9	0,24	1,09	0,614
	44,9	0,039	227	4,8	0,22	1,11	0,637
	49	0,046	229	4,8	0,24	1,13	0,639
	45,8	0,042	224	4,8	0,22	1,14	0,648
	46	0,046	214	5	0,23	1,11	0,613
	43,4	0,036	228	5	0,22	1,12	0,634
	44	0,044	210	5	0,22	1,11	0,609
	47,6	0,041	236	4,8	0,23	1,11	0,639
	45,2	0,044	216	5,1	0,23	1,13	0,627
	46,2	0,041	227	5	0,23	1,13	0,634
	46,7	0,041	230	4,9	0,23	1,16	0,651
	48,6	0,044	231	5	0,24	1,18	0,661
	45,8	0,041	226	5	0,23	1,17	0,649
	43,6	0,034	235	4,9	0,22	1,17	0,656
	44,3	0,036	235	4,9	0,22	1,18	0,661
	46	0,042	225	5	0,23	1,17	0,654
	44	0,044	210	5	0,22	1,11	0,609
4 matný 27,5	45,9	0,044	219	5,1	0,24	1,11	0,612
	44,4	0,043	214	5,3	0,24	1,12	0,614
	45,9	0,05	205	5,3	0,24	1,14	0,616
	42,4	0,039	214	5,2	0,22	1,14	0,614
	46,8	0,045	221	5,2	0,24	1,13	0,618
	43,2	0,045	203	5,3	0,23	1,15	0,623
	43,5	0,042	212	5	0,22	1,13	0,629
	44,8	0,048	205	5,3	0,24	1,14	0,613
	46,1	0,047	213	5,3	0,24	1,13	0,618
	44	0,04	221	5	0,22	1,11	0,618
	45,4	0,047	209	5	0,23	1,1	0,61

	44,9	0,037	233	5,2	0,24	1,18	0,638
	46,4	0,046	217	4,9	0,23	1,14	0,647
	43,3	0,045	204	5,3	0,23	1,14	0,611
	46,6	0,049	210	5,2	0,24	1,15	0,627
	45,2	0,044	215	5,4	0,24	1,16	0,618
	45,4	0,039	229	5,3	0,24	1,19	0,637
	44,1	0,039	224	4,9	0,22	1,09	0,62
	43,6	0,039	221	5,2	0,23	1,17	0,642
	44,8	0,045	210	5,6	0,25	1,09	0,576
5 lesklý 27,5	45,8	0,039	233	4,8	0,22	1,03	0,578
	45,8	0,039	233	4,8	0,22	1,03	0,578
	40,7	0,037	210	5	0,2	1,11	0,63
	45,1	0,044	214	5,1	0,23	1,16	0,637
	41,9	0,032	234	4,8	0,2	1,14	0,647
	43,3	0,039	218	5	0,22	1,13	0,636
	46,5	0,046	218	4,9	0,23	1,14	0,638
	45,6	0,037	236	5	0,23	1,18	0,663
	43,7	0,037	227	4,9	0,22	1,14	0,64
	43,5	0,039	219	4,9	0,22	1,13	0,636
	46,7	0,04	233	4,9	0,23	1,15	0,654
	45,1	0,043	217	5,1	0,23	1,08	0,599
	45,6	0,044	218	5	0,23	1,15	0,638
	44,6	0,04	223	4,8	0,22	1,12	0,645
	44,8	0,042	218	5	0,22	1,14	0,632
	47,6	0,043	230	4,8	0,23	1,13	0,642
	49,3	0,05	220	4,9	0,24	1,14	0,641
	45,4	0,045	214	5	0,23	1,14	0,638
	44,1	0,038	225	5	0,22	1,15	0,635
	43,8	0,043	213	5,2	0,23	1,14	0,622
6 velmi lesklý 27,5	45	0,042	220	4,8	0,22	1,1	0,628
	43,6	0,039	220	4,6	0,2	1,11	0,651
	40,1	0,032	226	4,7	0,19	1,12	0,641
	45,5	0,044	218	4,7	0,22	1,11	0,636
	43,7	0,046	204	4,9	0,22	1,09	0,614
	44,9	0,041	221	4,8	0,22	1,12	0,638
	41,9	0,04	209	4,8	0,2	1,09	0,609
	44,5	0,038	227	4,8	0,22	1,11	0,63
	44,5	0,038	227	4,8	0,22	1,11	0,63
	43,7	0,046	204	4,9	0,22	1,09	0,614
	43,5	0,035	233	4,9	0,22	1,16	0,654
	45,8	0,042	224	4,9	0,22	1,13	0,634
	44,9	0,036	236	4,8	0,22	1,16	0,67

	43,6	0,039	221	4,9	0,22	1,16	0,649
	44,8	0,036	235	4,8	0,22	1,15	0,658
	46,5	0,039	234	4,9	0,23	1,17	0,665
	44,2	0,039	224	4,9	0,22	1,14	0,639
	43,1	0,041	212	5	0,22	1,09	0,612
	43,5	0,035	233	4,9	0,22	1,16	0,654
	43,1	0,035	232	5	0,22	1,13	0,633
7 matný 28,5	45,4	0,042	222	5,5	0,25	1,13	0,6
	42,8	0,04	214	5,3	0,23	1,17	0,627
	44,8	0,038	230	5,4	0,24	1,16	0,609
	41,4	0,035	222	5,8	0,24	1,17	0,592
	44,2	0,043	212	5,5	0,24	1,13	0,601
	43,9	0,05	197	5,8	0,26	1,13	0,573
	43	0,039	217	5,8	0,25	1,12	0,576
	43,7	0,047	201	5,9	0,26	1,19	0,602
	43,9	0,044	210	5,8	0,26	1,13	0,583
	44	0,047	202	5,8	0,26	1,15	0,585
	42,2	0,039	215	5,7	0,24	1,16	0,606
	41	0,032	229	5,9	0,24	1,22	0,613
	42,9	0,039	218	5,7	0,24	1,17	0,61
	43,2	0,045	204	5,9	0,26	1,17	0,597
	43,5	0,041	215	5,6	0,24	1,16	0,609
	44,8	0,047	207	5,7	0,26	1,15	0,595
	45,4	0,044	216	5,5	0,25	1,12	0,596
	44,8	0,045	211	5,7	0,26	1,13	0,581
	41,3	0,036	216	5,9	0,24	1,14	0,577
	42,5	0,043	205	5,7	0,24	1,14	0,589
8 lesklý 28,5	45,2	0,041	224	5,1	0,23	1,17	0,649
	42,9	0,04	215	5	0,22	1,1	0,613
	44	0,043	213	5,2	0,23	1,05	0,578
	43,8	0,046	205	5,2	0,23	1,11	0,605
	43,6	0,042	212	5,4	0,24	1,14	0,607
	45,2	0,041	224	5,1	0,23	1,17	0,649
	43,7	0,041	215	5,2	0,23	1,15	0,628
	43,7	0,041	217	5,2	0,23	1,14	0,626
	42,5	0,04	212	5,1	0,22	1,16	0,641
	43,3	0,043	210	5,3	0,23	1,12	0,612
	45,2	0,041	224	5,1	0,23	1,17	0,649
	43,5	0,043	210	5,3	0,23	1,13	0,61
	42,6	0,039	216	5,4	0,23	1,14	0,603
	46	0,051	204	5,6	0,26	1,15	0,599
	43,9	0,045	207	5,5	0,24	1,12	0,585

	43,3	0,042	213	5,3	0,23	1,13	0,615
	43,8	0,044	208	5,4	0,24	1,14	0,601
	41,8	0,038	214	5,5	0,23	1,16	0,607
	43	0,038	220	5,3	0,23	1,16	0,622
	44,4	0,04	222	5,5	0,24	1,17	0,618
9 velmi lesklý 28,5	48,1	0,052	212	5	0,24	1,15	0,645
	48,1	0,048	220	5	0,24	1,16	0,651
	46,6	0,043	226	4,9	0,23	1,16	0,652
	43,1	0,04	216	5	0,22	1,13	0,63
	46,9	0,05	210	4,9	0,23	1,15	0,655
	44,8	0,045	210	5,4	0,24	1,12	0,584
	42,4	0,036	224	5,1	0,22	1,12	0,616
	45,5	0,047	209	5,2	0,24	1,11	0,608
	46,1	0,044	220	5,1	0,24	1,14	0,624
	44,9	0,038	231	5,1	0,23	1,13	0,611
	45,3	0,042	221	5,2	0,24	1,14	0,623
	44,4	0,041	220	5,2	0,23	1,12	0,614
	45,9	0,046	215	5,3	0,24	1,15	0,618
	46	0,048	210	5,3	0,24	1,16	0,619
	46,1	0,044	219	5,3	0,24	1,16	0,627
	45,8	0,048	208	5,3	0,24	1,15	0,612
	45,4	0,041	224	5,2	0,24	1,17	0,629
	46,6	0,047	216	5	0,24	1,16	0,646
	45,9	0,05	205	5,3	0,24	1,14	0,614
	42,8	0,042	210	5,3	0,23	1,16	0,618
10 kepr2/2 37	52,5	0,049	238	5,4	0,28	1,2	0,642
	50	0,044	240	5,4	0,27	1,25	0,67
	42,3	0,034	230	5,4	0,23	1,23	0,657
	52,1	0,048	237	5,4	0,28	1,24	0,664
	52,1	0,051	231	5,7	0,3	1,23	0,629
	49	0,045	231	5,5	0,27	1,22	0,646
	50,4	0,048	231	5,5	0,28	1,22	0,646
	51	0,045	239	5,4	0,28	1,25	0,672
	43,8	0,034	238	5,5	0,24	1,27	0,672
	51,2	0,048	234	5,5	0,28	1,21	0,638
	50,6	0,04	253	5,3	0,27	1,25	0,674
	48,7	0,038	250	5,4	0,26	1,27	0,672
	46,3	0,036	246	5,7	0,26	1,29	0,673
	49,5	0,041	244	5,4	0,27	1,26	0,67
	50,3	0,048	229	5,6	0,28	1,27	0,664
	51,6	0,043	247	5,4	0,28	1,28	0,687
	52,2	0,047	242	5,4	0,28	1,24	0,656

	50,1	0,041	247	5,6	0,28	1,28	0,667
	50,4	0,046	235	5,6	0,28	1,24	0,644
	49,4	0,041	246	5,6	0,28	1,3	0,684
11 kepr2/1 32	52,4	0,045	248	5,1	0,27	1,24	0,682
	51,4	0,047	237	5,2	0,27	1,22	0,657
	48,5	0,042	237	5,4	0,26	1,22	0,653
	46,9	0,04	235	5,5	0,26	1,23	0,647
	49,2	0,043	238	5,5	0,27	1,24	0,656
	52,7	0,048	241	5,4	0,28	1,25	0,663
	52,1	0,05	232	5,2	0,27	1,24	0,68
	52,7	0,048	241	5,4	0,28	1,25	0,663
	51,7	0,047	238	5,2	0,27	1,24	0,679
	51,6	0,044	246	5,2	0,27	1,28	0,703
	51,5	0,045	243	5	0,26	1,23	0,686
	49,9	0,044	236	5,4	0,27	1,27	0,678
	52	0,048	239	5,2	0,27	1,23	0,672
	49,6	0,04	248	5,4	0,27	1,26	0,672
	49,7	0,043	241	5,1	0,26	1,24	0,683
	50	0,04	249	5,2	0,26	1,26	0,683
	53	0,049	239	5,3	0,28	1,23	0,66
	49,2	0,043	238	5,5	0,27	1,24	0,656
	49,3	0,038	252	5,2	0,26	1,26	0,684
	48,2	0,039	244	5,3	0,26	1,23	0,67

Příloha 5:**ANOVA pro tepelnou jímavost a tepelný odpor****Frekvenční tabulky s testovým kritériem W a p-hodnotami S-W testu pro tepelnou jímavost**

All Groups Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,99044, p=,27289						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
180,0000<x<=190,000	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
190,0000<x<=200,000	7	7	3,8889	3,8889	3,8889	3,8889
200,0000<x<=210,000	40	47	22,2222	26,1111	22,2222	26,1111
210,0000<x<=220,000	70	117	38,8889	65,0000	38,8889	65,0000
220,0000<x<=230,000	42	159	23,3333	88,3333	23,3333	88,3333
230,0000<x<=240,000	20	179	11,1111	99,4444	11,1111	99,4444
240,0000<x<=250,000	1	180	0,5556	100,0000	0,5556	100,0000
Missing	0	180	0,0000		0,0000	100,0000
vzorek=1 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,97202, p=,79688						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
180,0000<x<=190,000	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
190,0000<x<=200,000	6	6	30,0000	30,0000	30,0000	30,0000
200,0000<x<=210,000	5	11	25,0000	55,0000	25,0000	55,0000
210,0000<x<=220,000	7	18	35,0000	90,0000	35,0000	90,0000
220,0000<x<=230,000	1	19	5,0000	95,0000	5,0000	95,0000
230,0000<x<=240,000	1	20	5,0000	100,0000	5,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000
vzorek=2 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,97855, p=,91397						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
200,0000<x<=205,000	1	1	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
205,0000<x<=210,000	1	2	5,0000	10,0000	5,0000	10,0000
210,0000<x<=215,000	4	6	20,0000	30,0000	20,0000	30,0000
215,0000<x<=220,000	7	13	35,0000	65,0000	35,0000	65,0000
220,0000<x<=225,000	3	16	15,0000	80,0000	15,0000	80,0000
225,0000<x<=230,000	2	18	10,0000	90,0000	10,0000	90,0000
230,0000<x<=235,000	2	20	10,0000	100,0000	10,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=3 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,95663, p=,47897						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
200,0000<x<=205,000	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
205,0000<x<=210,000	3	3	15,0000	15,0000	15,0000	15,0000
210,0000<x<=215,000	1	4	5,0000	20,0000	5,0000	20,0000
215,0000<x<=220,000	3	7	15,0000	35,0000	15,0000	35,0000
220,0000<x<=225,000	2	9	10,0000	45,0000	10,0000	45,0000
225,0000<x<=230,000	6	15	30,0000	75,0000	30,0000	75,0000
230,0000<x<=235,000	3	18	15,0000	90,0000	15,0000	90,0000
235,0000<x<=240,000	1	19	5,0000	95,0000	5,0000	95,0000
240,0000<x<=245,000	0	19	0,0000	95,0000	0,0000	95,0000
245,0000<x<=250,000	1	20	5,0000	100,0000	5,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=4 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,96131, p=,57040						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
200,0000<x<=205,000	4	4	20,0000	20,0000	20,0000	20,0000
205,0000<x<=210,000	3	7	15,0000	35,0000	15,0000	35,0000
210,0000<x<=215,000	5	12	25,0000	60,0000	25,0000	60,0000
215,0000<x<=220,000	2	14	10,0000	70,0000	10,0000	70,0000
220,0000<x<=225,000	4	18	20,0000	90,0000	20,0000	90,0000
225,0000<x<=230,000	1	19	5,0000	95,0000	5,0000	95,0000
230,0000<x<=235,000	1	20	5,0000	100,0000	5,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=5 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,91602, p=,08309						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
205,0000<x<=210,000	1	1	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
210,0000<x<=215,000	3	4	15,0000	20,0000	15,0000	20,0000
215,0000<x<=220,000	7	11	35,0000	55,0000	35,0000	55,0000
220,0000<x<=225,000	2	13	10,0000	65,0000	10,0000	65,0000
225,0000<x<=230,000	2	15	10,0000	75,0000	10,0000	75,0000
230,0000<x<=235,000	4	19	20,0000	95,0000	20,0000	95,0000
235,0000<x<=240,000	1	20	5,0000	100,0000	5,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=6 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,92612, p=,13000						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
200,0000<x<=205,000	2	2	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000
205,0000<x<=210,000	1	3	5,0000	15,0000	5,0000	15,0000
210,0000<x<=215,000	1	4	5,0000	20,0000	5,0000	20,0000
215,0000<x<=220,000	3	7	15,0000	35,0000	15,0000	35,0000
220,0000<x<=225,000	4	11	20,0000	55,0000	20,0000	55,0000
225,0000<x<=230,000	3	14	15,0000	70,0000	15,0000	70,0000
230,0000<x<=235,000	5	19	25,0000	95,0000	25,0000	95,0000
235,0000<x<=240,000	1	20	5,0000	100,0000	5,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=7 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,97526, p=,85955						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
190,0000<x<=195,000	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
195,0000<x<=200,000	1	1	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
200,0000<x<=205,000	4	5	20,0000	25,0000	20,0000	25,0000
205,0000<x<=210,000	2	7	10,0000	35,0000	10,0000	35,0000
210,0000<x<=215,000	5	12	25,0000	60,0000	25,0000	60,0000
215,0000<x<=220,000	4	16	20,0000	80,0000	20,0000	80,0000
220,0000<x<=225,000	2	18	10,0000	90,0000	10,0000	90,0000
225,0000<x<=230,000	2	20	10,0000	100,0000	10,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=8 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,94983, p=,36456						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
200,0000<x<=205,000	2	2	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000
205,0000<x<=210,000	4	6	20,0000	30,0000	20,0000	30,0000
210,0000<x<=215,000	7	13	35,0000	65,0000	35,0000	65,0000
215,0000<x<=220,000	3	16	15,0000	80,0000	15,0000	80,0000
220,0000<x<=225,000	4	20	20,0000	100,0000	20,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=9 Frequency table: tepelná jímavost Shapiro-Wilk W=,95643, p=,47527						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
200,0000<x<=205,000	1	1	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
205,0000<x<=210,000	6	7	30,0000	35,0000	30,0000	35,0000
210,0000<x<=215,000	2	9	10,0000	45,0000	10,0000	45,0000
215,0000<x<=220,000	6	15	30,0000	75,0000	30,0000	75,0000
220,0000<x<=225,000	3	18	15,0000	90,0000	15,0000	90,0000
225,0000<x<=230,000	1	19	5,0000	95,0000	5,0000	95,0000
230,0000<x<=235,000	1	20	5,0000	100,0000	5,0000	100,0000
Missing	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

Výsledek Leveneova testu pro tepelnou jímavost

Leveneův test shody rozptylů Efekt: "kalandrování"*"strojová dostava" Kritická hodnota F = 8, 171				
	MS Effect	MS Error	F	p
tepelná jímavost	25,1647	24,9491	1,00863	0,43135

Tabulky p-hodnot Tukeyho testu pro tepelnou jímavost

Tukeyho test - tabulka p-hodnot Tepelná jímavost Error: Between MS = 73,717, df = 171,00				
Skupina	kalandrování	{1}	{2}	{3}
		212,23	218,62	221,40
1	matný		0,00015	0,00002
2	lesklý	0,00015		0,17781
3	velmi lesklý	0,00002	0,17781	

Tukeyho test - tabulka p-hodnot Tepelná jímavost Error: Between MS = 73,717, df = 171				
skupina	strojová dostava	{1}	{2}	{3}
		217,48	220,20	214,57
1	malá		0,19286	0,15027
2	střední	0,19286		0,00096
3	velká	0,15027	0,00096	

Tukeyho test - tabulka p-hodnot Tepelná jímavost Error: Between MS = 73,717, df = 171,00											
kombina	kalandrování	strojová dostava	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
			208,60	214,95	213,15	218,95	222,65	214,25	224,90	223,00	216,30
1	matný	malá		0,31864	0,76155	0,00437	0,00001	0,48642	0,00001	0,00001	0,10499
2	matný	střední	0,31864		0,99919	0,86817	0,10499	0,99999	0,00762	0,07416	0,99990
3	matný	velká	0,76155	0,99919		0,44831	0,01383	0,99998	0,00053	0,00873	0,96459
4	lesklý	malá	0,00437	0,86817	0,44831		0,91172	0,72734	0,41115	0,85986	0,98804
5	lesklý	střední	0,00001	0,10499	0,01383	0,91172		0,05118	0,99603	1,00000	0,31864
6	lesklý	velká	0,48642	0,99999	0,99998	0,72734	0,05118		0,00283	0,03454	0,99793
7	velmi lesklý	malá	0,00001	0,00762	0,00053	0,41115	0,99603	0,00283		0,99880	0,04099
8	velmi lesklý	střední	0,00001	0,07416	0,00873	0,85986	1,00000	0,03454	0,99880		0,24781
9	velmi lesklý	velká	0,10499	0,99990	0,96459	0,98804	0,31864	0,99793	0,04099	0,24781	

Frekvenční tabulky s testovým kritériem W a p-hodnotami S-W testu pro tepelný odpor

All Groups Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,95170, p=,00001						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
4,400000<x<=4,600000	1	1	0,55556	0,55556	0,55556	0,55556
4,600000<x<=4,800000	20	21	11,11111	11,66667	11,11111	11,66667
4,800000<x<=5,000000	50	71	27,77778	39,44444	27,77778	39,44444
5,000000<x<=5,200000	37	108	20,55556	60,00000	20,55556	60,00000
5,200000<x<=5,400000	37	145	20,55556	80,55556	20,55556	80,55556
5,400000<x<=5,600000	18	163	10,00000	90,55556	10,00000	90,55556
5,600000<x<=5,800000	13	176	7,22222	97,77778	7,22222	97,77778
5,800000<x<=6,000000	4	180	2,22222	100,00000	2,22222	100,00000
Missing	0	180	0,00000		0,00000	100,00000

vzorek=1 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,91219, p=,07017						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
5,200000<x<=5,300000	3	3	15,00000	15,00000	15,00000	15,00000
5,300000<x<=5,400000	5	8	25,00000	40,00000	25,00000	40,00000
5,400000<x<=5,500000	2	10	10,00000	50,00000	10,00000	50,00000
5,500000<x<=5,600000	7	17	35,00000	85,00000	35,00000	85,00000
5,600000<x<=5,700000	1	18	5,00000	90,00000	5,00000	90,00000
5,700000<x<=5,800000	2	20	10,00000	100,00000	10,00000	100,00000
Missing	0	20	0,00000		0,00000	100,00000

vzorek=2 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,92639, p=,13157						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
4,700000<x<=4,800000	1	1	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000
4,800000<x<=4,900000	1	2	5,00000	10,00000	5,00000	10,00000
4,900000<x<=5,000000	1	3	5,00000	15,00000	5,00000	15,00000
5,000000<x<=5,100000	7	10	35,00000	50,00000	35,00000	50,00000
5,100000<x<=5,200000	5	15	25,00000	75,00000	25,00000	75,00000
5,200000<x<=5,300000	4	19	20,00000	95,00000	20,00000	95,00000
5,300000<x<=5,400000	1	20	5,00000	100,00000	5,00000	100,00000
Missing	0	20	0,00000		0,00000	100,00000

vzorek=3 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,89737, p=,03682						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
4,600000<x<=4,70000	1	1	5,0000%	5,0000%	5,0000%	5,0000%
4,700000<x<=4,80000	4	5	20,0000%	25,0000%	20,0000%	25,0000%
4,800000<x<=4,90000	6	11	30,0000%	55,0000%	30,0000%	55,0000%
4,900000<x<=5,00000	8	19	40,0000%	95,0000%	40,0000%	95,0000%
5,000000<x<=5,10000	1	20	5,0000%	100,0000%	5,0000%	100,0000%
Missing	0	20	0,0000%		0,0000%	100,0000%

vzorek=4 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,91939, p=,09643						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
4,800000<x<=4,90000	2	2	10,0000%	10,0000%	10,0000%	10,0000%
4,900000<x<=5,00000	3	5	15,0000%	25,0000%	15,0000%	25,0000%
5,000000<x<=5,10000	1	6	5,0000%	30,0000%	5,0000%	30,0000%
5,100000<x<=5,20000	5	11	25,0000%	55,0000%	25,0000%	55,0000%
5,200000<x<=5,30000	7	18	35,0000%	90,0000%	35,0000%	90,0000%
5,300000<x<=5,40000	1	19	5,0000%	95,0000%	5,0000%	95,0000%
5,400000<x<=5,50000	0	19	0,0000%	95,0000%	0,0000%	95,0000%
5,500000<x<=5,60000	1	20	5,0000%	100,0000%	5,0000%	100,0000%
Missing	0	20	0,0000%		0,0000%	100,0000%

vzorek=5 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,90137, p=,04375						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
4,700000<x<=4,80000	5	5	25,0000%	25,0000%	25,0000%	25,0000%
4,800000<x<=4,90000	5	10	25,0000%	50,0000%	25,0000%	50,0000%
4,900000<x<=5,00000	7	17	35,0000%	85,0000%	35,0000%	85,0000%
5,000000<x<=5,10000	2	19	10,0000%	95,0000%	10,0000%	95,0000%
5,100000<x<=5,20000	1	20	5,0000%	100,0000%	5,0000%	100,0000%
Missing	0	20	0,0000%		0,0000%	100,0000%

vzorek=6 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,89837, p=,03845						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
4,500000<x<=4,60000	1	1	5,0000%	5,0000%	5,0000%	5,0000%
4,600000<x<=4,70000	2	3	10,0000%	15,0000%	10,0000%	15,0000%
4,700000<x<=4,80000	7	10	35,0000%	50,0000%	35,0000%	50,0000%
4,800000<x<=4,90000	8	18	40,0000%	90,0000%	40,0000%	90,0000%
4,900000<x<=5,00000	2	20	10,0000%	100,0000%	10,0000%	100,0000%
Missing	0	20	0,0000%		0,0000%	100,0000%

vzorek=7 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,90224, p=,04543						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
5,200000<x<=5,30000	1	1	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000
5,300000<x<=5,40000	1	2	5,00000	10,00000	5,00000	10,00000
5,400000<x<=5,50000	3	5	15,00000	25,00000	15,00000	25,00000
5,500000<x<=5,60000	1	6	5,00000	30,00000	5,00000	30,00000
5,600000<x<=5,70000	5	11	25,00000	55,00000	25,00000	55,00000
5,700000<x<=5,80000	5	16	25,00000	80,00000	25,00000	80,00000
5,800000<x<=5,90000	4	20	20,00000	100,00000	20,00000	100,00000
Missing	0	20	0,00000		0,00000	100,00000

vzorek=8 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,95191, p=,39699						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
4,900000<x<=5,00000	1	1	5,00000	5,00000	5,00000	5,00000
5,000000<x<=5,10000	4	5	20,00000	25,00000	20,00000	25,00000
5,100000<x<=5,20000	4	9	20,00000	45,00000	20,00000	45,00000
5,200000<x<=5,30000	4	13	20,00000	65,00000	20,00000	65,00000
5,300000<x<=5,40000	3	16	15,00000	80,00000	15,00000	80,00000
5,400000<x<=5,50000	3	19	15,00000	95,00000	15,00000	95,00000
5,500000<x<=5,60000	1	20	5,00000	100,00000	5,00000	100,00000
Missing	0	20	0,00000		0,00000	100,00000

vzorek=9 Frequency table: tepelný odpor (Alambeta - jen plátnové) Shapiro-Wilk W=,91501, p=,07944						
Category	Count	Cumulative Count	Percent of Valid	Cumul % of Valid	% of all Cases	Cumulative % of All
4,800000<x<=4,90000	2	2	10,00000	10,00000	10,00000	10,00000
4,900000<x<=5,00000	4	6	20,00000	30,00000	20,00000	30,00000
5,000000<x<=5,10000	3	9	15,00000	45,00000	15,00000	45,00000
5,100000<x<=5,20000	4	13	20,00000	65,00000	20,00000	65,00000
5,200000<x<=5,30000	6	19	30,00000	95,00000	30,00000	95,00000
5,300000<x<=5,40000	1	20	5,00000	100,00000	5,00000	100,00000
Missing	0	20	0,00000		0,00000	100,00000

Výsledky Leveneova testu pro tepelný odpor

Leveneův test shody rozptylů Efekt: "kalandrování"*"strojová dostava Kritická hodnota F = 8, 171				
	MS Effect	MS Error	F	p
tepelný odpor	0,01085	0,00673	1,61213	0,12448

Tabulky p-hodnot Tukeyho testu pro tepelný odpor

Tukeyho test - tabulka p-hodnot Tepelný odpor Error: Between MS = ,02103, df = 171,00				
skupina	kalandrování	{1}	{2}	{3}
		5,4717	5,1267	4,9717
1	matný		0,000022	0,000022
2	lesklý	0,000022		0,000022
3	velmi lesklý	0,000022	0,000022	

Tukeyho test - tabulka p-hodnot Tepelný odpor Error: Between MS = ,02103, df = 171				
skupina	strojová dostava	{1}	{2}	{3}
		5,1967	4,9950	5,3783
1	malá		0,000022	0,000022
2	střední	0,000022		0,000022
3	velká	0,000022	0,000022	

Tukeyho test - tabulka p-hodnot Tepelný odpor Error: Between MS = ,02103, df = 171,00											
kombina	kalandrování	strojová dostava	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}	{8}	{9}
			5,5200	5,2000	5,6950	5,1500	4,9450	5,2850	4,9200	4,8400	5,1550
1	matný	malá		0,00001	0,00430	0,00001	0,00001	0,00002	0,00001	0,00001	0,00001
2	matný	střední	0,00001		0,00001	0,97576	0,00001	0,64597	0,00001	0,00001	0,98761
3	matný	velká	0,00430	0,00001		0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
4	lesklý	malá	0,00001	0,97576	0,00001		0,00029	0,07862	0,00002	0,00001	1,00000
5	lesklý	střední	0,00001	0,00001	0,00001	0,00029		0,00001	0,99981	0,34824	0,00019
6	lesklý	velká	0,00002	0,64597	0,00001	0,07862	0,00001		0,00001	0,00001	0,10530
7	velmi lesklý	malá	0,00001	0,00001	0,00001	0,00002	0,99981	0,00001		0,71873	0,00002
8	velmi lesklý	střední	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,34824	0,00001	0,71873		0,00001
9	velmi lesklý	velká	0,00001	0,98761	0,00001	1,00000	0,00019	0,10530	0,00002	0,00001	

Příloha 6:**Hodnoty naměřené přístrojem Alambeta při měření zavlhčených vzorků**

Podmínky měření:

Teplota vzduchu: 22,4°C

Vlhkost vzduchu: 29 %

Přítlak měřící hlavice: 250 Pa

vzorek	UD hmot nost	hmot nost	vlhko st	λ	a	b	R_{ct}	h	p	q
	[g]	[g]	[%]	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \text{K}^{-1} \cdot 10^3]$	$[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot 10^6]$	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}]$	$[\text{W}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2 \cdot 10^3]$	[mm]	[1]	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
1 matný 26,5	2,58	2,79	8,1	49,70	0,047	230,00	5,70	0,28	1,25	0,632
	2,58	2,85	10,5	51,40	0,042	251,00	5,20	0,27	1,25	0,653
	2,58	3,07	19,0	55,60	0,027	337,00	4,80	0,27	1,41	0,777
	2,58	3,58	38,8	86,40	0,031	492,00	3,40	0,30	1,35	0,874
	2,58	4,13	60,1	102,00	0,019	738,00	2,80	0,29	1,49	1,050
	2,58	4,66	80,6	117,00	0,019	848,00	2,60	0,30	1,45	1,050
	2,58	5,15	99,6	145,00	0,018	1081	2,00	0,28	1,32	1,060
2 lesklý 26,5	2,62	2,88	9,9	51,60	0,041	256,00	5,20	0,27	1,29	0,675
	2,62	2,89	10,3	51,50	0,033	284,00	4,80	0,25	1,31	0,715
	2,62	3,15	20,2	57,90	0,029	342,00	4,50	0,26	1,40	0,795
	2,62	3,69	40,8	92,00	0,023	611,00	3,10	0,29	1,51	1,020
	2,62	4,18	59,5	109,00	0,021	759,00	2,70	0,30	1,48	0,000
	2,62	4,53	72,9	118,00	0,019	856,00	2,50	0,30	1,43	1,060
	2,62	5,02	91,6	131,00	0,017	1005	2,30	0,30	1,37	1,060
3 vel.lesklý 26,5	2,69	2,82	4,8	51,60	0,041	255,00	5,10	0,26	1,27	0,680
	2,69	2,96	10,0	55,60	0,023	366,00	4,40	0,24	1,48	0,863
	2,69	3,24	20,4	67,20	0,021	468,00	3,60	0,24	1,46	0,922
	2,69	3,65	35,7	97,20	0,021	664,00	2,80	0,27	1,48	1,050
	2,69	4,22	56,9	114,00	0,017	872,00	2,40	0,27	1,40	1,060
	2,69	4,84	79,9	138,00	0,016	1091	2,00	0,27	1,32	1,060
	2,69	5,38	100	180,00	0,015	1470	1,50	0,27	1,22	1,060
4 matný 27,5	2,62	2,79	6,5	54,80	0,051	242,00	5,40	0,30	1,27	0,659
	2,62	2,88	9,9	50,40	0,028	301,00	4,80	0,24	1,36	0,749
	2,62	3,13	19,5	67,20	0,026	418,00	3,80	0,26	1,37	0,837
	2,62	3,62	38,2	98,70	0,015	807,00	2,70	0,26	1,47	1,060
	2,62	4,2	60,3	121,00	0,016	963,00	2,30	0,28	1,40	1,060

	2,62	4,72	80,2	139,00	0,014	1175	1,90	0,27	1,31	1,060
	2,62	5,21	98,9	208,00	0,020	1471	1,30	0,27	1,14	1,060
5 lesklý 27,5	2,57	2,8	8,9	55,80	0,047	256,00	5,10	0,28	1,26	0,674
	2,57	2,83	10,1	53,80	0,028	320,00	4,60	0,25	1,38	0,776
	2,57	3,07	19,5	63,50	0,016	502,00	3,60	0,23	1,55	0,979
	2,57	3,55	38,1	98,30	0,019	719,00	2,70	0,27	1,49	0,000
	2,57	4,14	61,1	112,00	0,015	909,00	2,40	0,27	1,41	1,060
	2,57	4,64	80,5	133,00	0,014	1124	2,00	0,27	1,32	1,060
	2,57	5,15	100,4	191,00	0,016	1510	1,40	0,27	1,19	1,060
6 vel.lesklý 27,5	2,51	2,72	8,4	52,90	0,048	242,00	5,10	0,27	1,25	0,669
	2,51	2,76	10,0	49,70	0,023	325,00	4,50	0,22	1,34	0,775
	2,51	3,01	19,9	58,00	0,017	439,00	3,90	0,23	1,47	0,889
	2,51	3,51	39,8	95,40	0,018	710,00	2,80	0,27	1,51	1,060
	2,51	3,94	57,0	113,00	0,018	852,00	2,40	0,27	1,41	1,060
	2,51	4,52	80,1	135,00	0,011	1287	1,80	0,24	1,29	1,060
	2,51	5,05	101,2	194,00	0,020	1372	1,40	0,26	1,17	1,060
7 matný 28,5	2,74	2,94	7,3	50,10	0,038	256,00	5,60	0,28	1,33	0,666
	2,74	3,03	10,6	52,00	0,024	335,00	4,90	0,26	1,45	0,796
	2,74	3,25	18,6	66,10	0,023	438,00	4,10	0,27	1,48	0,899
	2,74	3,84	40,1	105,00	0,019	761,00	2,80	0,30	1,50	1,060
	2,74	4,39	60,2	116,00	0,015	962,00	2,50	0,30	1,44	1,060
	2,74	4,91	79,2	140,00	0,016	1107	2,10	0,30	1,34	1,060
	2,74	5,46	99,3	199,00	0,020	1407	1,30	0,27	1,14	1,060
8 lesklý 28,5	2,74	2,92	6,6	56,50	0,045	268,00	5,20	0,30	1,30	0,675
	2,74	3,02	10,2	53,10	0,029	310,00	4,90	0,26	1,36	0,727
	2,74	3,28	19,7	66,00	0,019	477,00	4,10	0,27	1,57	0,934
	2,74	3,8	38,7	96,60	0,018	719,00	2,90	0,28	1,50	1,060
	2,74	4,32	57,7	107,00	0,013	923,00	2,50	0,27	1,43	1,060
	2,74	4,92	79,6	132,00	0,012	1205	2,00	0,27	1,33	1,060
	2,74	5,45	98,9	180,00	0,015	1470	1,50	0,28	1,22	1,060
9 vel.lesklý 28,5	2,77	2,97	7,2	51,80	0,040	259,00	5,20	0,27	1,30	0,687
	2,77	3,05	10,1	57,60	0,033	319,00	4,70	0,27	1,38	0,767
	2,77	3,33	20,2	63,80	0,023	424,00	4,00	0,26	1,44	0,863
	2,77	3,68	32,9	93,40	0,019	674,00	3,00	0,28	1,55	0,000
	2,77	4,39	58,5	108,00	0,015	884,00	2,60	0,28	1,45	1,060
	2,77	4,97	79,4	139,00	0,014	1175	2,00	0,28	1,31	1,060
	2,77	5,49	98,2	198,00	0,016	1565	1,40	0,27	1,17	1,060
10 kepr2/2	3,43	3,66	6,7	56,40	0,044	268,00	6,30	0,36	1,43	0,669
	3,43	3,77	9,9	57,40	0,045	271,00	5,40	0,31	1,25	0,650

37	3,43	4,08	19,0	69,50	0,020	497,00	4,50	0,31	1,69	0,967
	3,43	4,7	37,0	119,00	0,022	795,00	3,20	0,38	1,56	1,060
	3,43	5,43	58,3	127,00	0,017	979,00	2,80	0,36	1,48	1,060
	3,43	6,18	80,2	154,00	0,015	1257	2,40	0,36	1,41	1,060
	3,43	6,87	100,3	224,00	0,015	1829	1,60	0,36	1,25	1,060
11 kepr2/1 32	3,22	3,5	8,7	57,20	0,042	280,00	5,90	0,34	1,43	0,709
	3,22	3,55	10,2	56,00	0,035	299,00	5,50	0,31	1,38	0,706
	3,22	3,8	18,0	73,40	0,024	472,00	4,40	0,32	1,61	0,919
	3,22	4,49	39,4	108,00	0,020	769,00	3,00	0,32	1,54	1,060
	3,22	5,17	60,6	125,00	0,017	956,00	2,70	0,34	1,45	1,060
	3,22	5,77	79,2	141,00	0,018	1051	2,50	0,35	1,43	1,060
	3,22	6,38	98,1	211,00	0,015	1723	1,60	0,34	1,22	1,060

Příloha 7:**Hodnoty prodyšnosti naměřené při měření bez zavlhčení**

Podmínky měření:

Teplota vzduchu: 20,5 °C

Vlhkost vzduchu: 64 %

Tlakový spád: 100 Pa

Plocha měření: 5 cm²

vzorek	měření	R _A [l.m ⁻² s ⁻¹]	vzorek	měření	R _A [l.m ⁻² s ⁻¹]
1	1	424,0	2	1	398,0
matný	2	481,0	lesklý	2	383,0
26,5	3	446,0	26,5	3	408,0
	4	461,0		4	388,0
	5	444,0		5	367,0
	6	478,0		6	387,0
	7	416,0		7	394,0
	8	457,0		8	436,0
	9	395,0		9	420,0
	10	435,0		10	410,0
	11	468,0		11	430,0
	12	399,0		12	426,0
	13	466,0		13	419,0
	14	437,0		14	369,0
	15	450,0		15	417,0
	16	476,0		16	423,0
	17	433,0		17	430,0
	18	433,0		18	410,0
	19	428,0		19	400,0
	20	447,0		20	402,0
3	1	383,0	4	1	421,0
velmi lesklý	2	400,0	matný	2	451,0
26,5	3	348,0	27,5	3	457,0
	4	361,0		4	423,0
	5	381,0		5	433,0
	6	371,0		6	376,0
	7	368,0		7	405,0
	8	353,0		8	390,0

	9	317,0		9	383,0
	10	350,0		10	422,0
	11	391,0		11	441,0
	12	369,0		12	419,0
	13	379,0		13	417,0
	14	402,0		14	387,0
	15	359,0		15	378,0
	16	378,0		16	404,0
	17	420,0		17	388,0
	18	370,0		18	433,0
	19	387,0		19	417,0
	20	356,0		20	411,0
5	1	364,0	6	1	433,0
lesklý	2	346,0	velmi lesklý	2	484,0
27,5	3	390,0	27,5	3	482,0
	4	376,0		4	467,0
	5	377,0		5	464,0
	6	364,0		6	492,0
	7	389,0		7	448,0
	8	358,0		8	429,0
	9	402,0		9	440,0
	10	343,0		10	413,0
	11	383,0		11	429,0
	12	343,0		12	449,0
	13	412,0		13	475,0
	14	376,0		14	448,0
	15	374,0		15	440,0
	16	375,0		16	427,0
	17	384,0		17	411,0
	18	328,0		18	488,0
	19	358,0		19	459,0
	20	401,0		20	448,0
7	1	397,0	8	1	336,0
matný	2	421,0	lesklý	2	378,0
28,5	3	392,0	28,5	3	360,0
	4	394,0		4	372,0
	5	410,0		5	354,0
	6	401,0		6	374,0
	7	407,0		7	353,0
	8	387,0		8	366,0
	9	378,0		9	336,0
	10	408,0		10	342,0

	11	390,0		11	380,0
	12	391,0		12	399,0
	13	355,0		13	374,0
	14	354,0		14	364,0
	15	339,0		15	406,0
	16	373,0		16	358,0
	17	391,0		17	373,0
	18	349,0		18	404,0
	19	350,0		19	369,0
	20	388,0		20	387,0
9	1	363,0	10	1	88,6
velmi lesklý	2	344,0	kepr2/2	2	85,6
28,5	3	320,0	37	3	86,0
	4	340,0		4	85,9
	5	345,0		5	87,3
	6	326,0		6	83,5
	7	336,0		7	89,5
	8	324,0		8	88,1
	9	390,0		9	93,5
	10	302,0		10	81,5
	11	364,0		11	87,4
	12	360,0		12	89,4
	13	334,0		13	87,4
	14	333,0		14	87,4
	15	350,0		15	83,9
	16	384,0		16	88,9
	17	298,0		17	85,0
	18	312,0		18	92,7
	19	328,0		19	87,5
	20	310,0		20	88,9
11	1	118,0		11	134,0
kepr2/1	2	105,0		12	113,0
32	3	116,0		13	115,0
	4	125,0		14	112,0
	5	122,0		15	111,0
	6	121,0		16	129,0
	7	117,0		17	119,0
	8	129,0		18	120,0
	9	128,0		19	123,0
	10	131,0		20	121,0

Příloha 8:**ANOVA pro prodyšnost****Frekvenční tabulky s testovým kritériem W a p-hodnotami S-W testu pro prodyšnost**

Vš. skupiny Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,99159, p=,37845						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
250,0000<x<=300,000	1	1	0,55556	0,55556	0,55556	0,55556
300,0000<x<=350,000	27	28	15,00000	15,55556	15,00000	15,55556
350,0000<x<=400,000	76	104	42,22222	57,77778	42,22222	57,77778
400,0000<x<=450,000	59	163	32,77778	90,55556	32,77778	90,55556
450,0000<x<=500,000	17	180	9,44444	100,00000	9,44444	100,00000
ChD	0	180	0,00000		0,00000	100,00000
vzorek=1 Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,96632, p=,67602						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
380,0000<x<=400,000	2	2	10,00000	10,00000	10,00000	10,00000
400,0000<x<=420,000	1	3	5,00000	15,00000	5,00000	15,00000
420,0000<x<=440,000	6	9	30,00000	45,00000	30,00000	45,00000
440,0000<x<=460,000	5	14	25,00000	70,00000	25,00000	70,00000
460,0000<x<=480,000	5	19	25,00000	95,00000	25,00000	95,00000
480,0000<x<=500,000	1	20	5,00000	100,00000	5,00000	100,00000
ChD	0	20	0,00000		0,00000	100,00000
vzorek=2 Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,95883, p=,52080						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
360,0000<x<=370,000	2	2	10,00000	10,00000	10,00000	10,00000
370,0000<x<=380,000	0	2	0,00000	10,00000	0,00000	10,00000
380,0000<x<=390,000	3	5	15,00000	25,00000	15,00000	25,00000
390,0000<x<=400,000	3	8	15,00000	40,00000	15,00000	40,00000
400,0000<x<=410,000	4	12	20,00000	60,00000	20,00000	60,00000
410,0000<x<=420,000	3	15	15,00000	75,00000	15,00000	75,00000
420,0000<x<=430,000	4	19	20,00000	95,00000	20,00000	95,00000
430,0000<x<=440,000	1	20	5,00000	100,00000	5,00000	100,00000
ChD	0	20	0,00000		0,00000	100,00000

vzorek=3 Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,98120, p=,94864						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
300,0000<x<=320,000	1	1	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
320,0000<x<=340,000	0	1	0,0000	5,0000	0,0000	5,0000
340,0000<x<=360,000	5	6	25,0000	30,0000	25,0000	30,0000
360,0000<x<=380,000	7	13	35,0000	65,0000	35,0000	65,0000
380,0000<x<=400,000	5	18	25,0000	90,0000	25,0000	90,0000
400,0000<x<=420,000	2	20	10,0000	100,0000	10,0000	100,0000
ChD	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=4 Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,95923, p=,52865						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
360,0000<x<=370,000	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
370,0000<x<=380,000	2	2	10,0000	10,0000	10,0000	10,0000
380,0000<x<=390,000	4	6	20,0000	30,0000	20,0000	30,0000
390,0000<x<=400,000	0	6	0,0000	30,0000	0,0000	30,0000
400,0000<x<=410,000	2	8	10,0000	40,0000	10,0000	40,0000
410,0000<x<=420,000	4	12	20,0000	60,0000	20,0000	60,0000
420,0000<x<=430,000	3	15	15,0000	75,0000	15,0000	75,0000
430,0000<x<=440,000	2	17	10,0000	85,0000	10,0000	85,0000
440,0000<x<=450,000	1	18	5,0000	90,0000	5,0000	90,0000
450,0000<x<=460,000	2	20	10,0000	100,0000	10,0000	100,0000
ChD	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=5 Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,97887, p=,91867						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
300,0000<x<=320,000	0	0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
320,0000<x<=340,000	1	1	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
340,0000<x<=360,000	5	6	25,0000	30,0000	25,0000	30,0000
360,0000<x<=380,000	7	13	35,0000	65,0000	35,0000	65,0000
380,0000<x<=400,000	4	17	20,0000	85,0000	20,0000	85,0000
400,0000<x<=420,000	3	20	15,0000	100,0000	15,0000	100,0000
ChD	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

vzorek=6 Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,95710, p=,48759						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
400,0000<x<=410,000	0	0	0,0000	0,000	0,0000	0,000
410,0000<x<=420,000	2	2	10,0000	10,000	10,0000	10,000
420,0000<x<=430,000	3	5	15,0000	25,000	15,0000	25,000
430,0000<x<=440,000	3	8	15,0000	40,000	15,0000	40,000
440,0000<x<=450,000	4	12	20,0000	60,000	20,0000	60,000
450,0000<x<=460,000	1	13	5,0000	65,000	5,0000	65,000
460,0000<x<=470,000	2	15	10,0000	75,000	10,0000	75,000
470,0000<x<=480,000	1	16	5,0000	80,000	5,0000	80,000
480,0000<x<=490,000	3	19	15,0000	95,000	15,0000	95,000
490,0000<x<=500,000	1	20	5,0000	100,000	5,0000	100,000
ChD	0	20	0,0000		0,0000	100,000

vzorek=7 Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,92692, p=,13469						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
330,0000<x<=340,000	1	1	5,0000	5,000	5,0000	5,000
340,0000<x<=350,000	2	3	10,0000	15,000	10,0000	15,000
350,0000<x<=360,000	2	5	10,0000	25,000	10,0000	25,000
360,0000<x<=370,000	0	5	0,0000	25,000	0,0000	25,000
370,0000<x<=380,000	2	7	10,0000	35,000	10,0000	35,000
380,0000<x<=390,000	3	10	15,0000	50,000	15,0000	50,000
390,0000<x<=400,000	5	15	25,0000	75,000	25,0000	75,000
400,0000<x<=410,000	4	19	20,0000	95,000	20,0000	95,000
410,0000<x<=420,000	0	19	0,0000	95,000	0,0000	95,000
420,0000<x<=430,000	1	20	5,0000	100,000	5,0000	100,000
ChD	0	20	0,0000		0,0000	100,000

vzorek=8 Tabulka četností:prodyšnost (Prodyšnost-plátnové vzorky) Shapiro-Wilk W=,96272, p=,59941						
Kategorie	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
320,0000<x<=330,000	0	0	0,0000	0,000	0,0000	0,000
330,0000<x<=340,000	2	2	10,0000	10,000	10,0000	10,000
340,0000<x<=350,000	1	3	5,0000	15,000	5,0000	15,000
350,0000<x<=360,000	4	7	20,0000	35,000	20,0000	35,000
360,0000<x<=370,000	3	10	15,0000	50,000	15,0000	50,000
370,0000<x<=380,000	6	16	30,0000	80,000	30,0000	80,000
380,0000<x<=390,000	1	17	5,0000	85,000	5,0000	85,000
390,0000<x<=400,000	1	18	5,0000	90,000	5,0000	90,000
400,0000<x<=410,000	2	20	10,0000	100,000	10,0000	100,000
ChD	0	20	0,0000		0,0000	100,000

Kategorie	vzorek=9 Tabulka četností: prodyšnost (Prodyšnost-plátňové vzorky) Shapiro-Wilk W=,97132, p=,78244					
	Četnost	Kumulativní četnost	Rel.četn. (platných)	Kumul. % (platných)	Rel.četn. všech	Kumul. % všech
280,0000<x<=300,000	1	1	5,0000	5,0000	5,0000	5,0000
300,0000<x<=320,000	4	5	20,0000	25,0000	20,0000	25,0000
320,0000<x<=340,000	7	12	35,0000	60,0000	35,0000	60,0000
340,0000<x<=360,000	4	16	20,0000	80,0000	20,0000	80,0000
360,0000<x<=380,000	2	18	10,0000	90,0000	10,0000	90,0000
380,0000<x<=400,000	2	20	10,0000	100,0000	10,0000	100,0000
ChD	0	20	0,0000		0,0000	100,0000

Výsledky Leveneova testu pro prodyšnost

	Leveneův test shody rozptylů Efekt: "kalandrování"*"strojová dostava" Kritická hodnota: 8, 171			
	MS Effect	MS Error	F	p
prodyšnost	52,3541	176,133	0,29724	0,96611

Tabulky p-hodnot Tukeyho testu pro prodyšnost

skupina	Tukeyho test - tabulka p-hodnot Prodyšnost Error: Between MS = 526,41, df = 171			
	strojová dostava	{1} 407,23	{2} 412,08	{3} 363,72
1	malá		0,47853	0,00002
2	střední	0,47853		0,00002
3	velká	0,00002	0,00002	

skupina	Tukeyho test - tabulka p-hodnot Prodyšnost Error: Between MS = 526,41, df = 171,00			
	kalandrování	{1} 413,42	{2} 382,42	{3} 387,20
1	matný		0,00002	0,00002
2	lesklý	0,00002		0,48823
3	velmi lesklý	0,00002	0,48823	

Efekt	Tukeyho test - tabulka p-hodnot Prodyšnost Error: Between MS = 526,41, df = 171,00										
	kalandrování	strojová dostava	{1} 443,70	{2} 412,80	{3} 383,75	{4} 405,85	{5} 372,15	{6} 369,25	{7} 372,15	{8} 451,30	{9} 338,15
1	matný	malá		0,00071	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,98115	0,00001
2	matný	střední	0,00071		0,00204	0,98943	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001
3	matný	velká	0,00001	0,00204		0,05889	0,80587	0,54435	0,80587	0,00001	0,00001
4	lesklý	malá	0,00001	0,98943	0,05889		0,00014	0,00002	0,00014	0,00001	0,00001
5	lesklý	střední	0,00001	0,00001	0,80587	0,00014		0,99998	1,00000	0,00001	0,00012
6	lesklý	velká	0,00001	0,00001	0,54435	0,00002	0,99998		0,99998	0,00001	0,00063
7	velmi lesklý	malá	0,00001	0,00001	0,80587	0,00014	1,00000	0,99998		0,00001	0,00012
8	velmi lesklý	střední	0,98115	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001		0,00001
9	velmi lesklý	velká	0,00001	0,00001	0,00001	0,00001	0,00012	0,00063	0,00012	0,00001	

Příloha 9:**Hodnoty prodyšnosti naměřené při měření zavlhčených vzorků**

název	měření	UD hmotnost	reálná hmotnost	Vlhkost U	Prodyšnost R_a
		[g]	[g]	[%]	[l.m ⁻² .s ⁻¹]
1 matný 26,5	A	1,598	1,7294	8	79
		1,598	1,769	11	76,9
		1,598	1,876	17	61,5
		1,598	2,24	40	0
		1,598	2,568	61	0
		1,598	2,829	77	0
		1,598	3,153	97	0
	B	1,598	1,787	12	74,2
		1,598	1,919	20	55,2
		1,598	2,265	42	0
		1,598	2,57	61	0
		1,598	2,877	80	0
		1,598	3,142	97	0
	C	1,585	1,717	8	72,3
		1,585	1,7629	11	67,6
		1,585	1,9008	20	17,3
		1,585	2,1728	37	0
		1,585	2,5543	61	0
		1,585	2,8466	80	0
		1,585	3,14	98	0
	D	1,597	1,7498	10	76
		1,597	1,779	11	75,1
		1,597	1,9	19	24,3
		1,597	2,203	38	0
		1,597	2,53	58	0
		1,597	2,829	77	0
		1,597	3,147	97	0
2 lesklý 26,5	A	1,505	1,6193	8	97,8
		1,505	1,665	11	96,5
		1,505	1,786	19	77,5
		1,505	2,123	41	2,23
		1,505	2,415	60	0

		1,505	2,7	79	0
		1,505	3,024	101	0
	B	1,505	1,684	12	92,6
		1,505	1,801	20	75
		1,505	2,109	40	2,66
		1,505	2,405	60	0
		1,505	2,717	81	0
		1,505	2,95	96	0
	C	1,500	1,6237	8	104
		1,500	1,6705	11	105
		1,500	1,8245	22	24,5
		1,500	2,096	40	0
		1,500	2,4075	61	0
		1,500	2,6615	77	0
		1,500	2,943	96	0
	D	1,502	1,641	9	102
		1,502	1,684	12	97,7
		1,502	1,786	19	53,8
		1,502	2,083	39	2,4
		1,502	2,428	62	0
		1,502	2,622	75	0
		1,502	3,023	101	0
3 velmi lesklý 26,5	A	1,250	1,3545	8	356
		1,250	1,378	10	350
		1,250	1,53	22	295
		1,250	1,732	39	19,8
		1,250	1,965	57	3,42
		1,250	2,238	79	0
		1,250	2,571	106	0
	B	1,250	1,394	12	351
		1,250	1,51	21	334
		1,250	1,768	41	21
		1,250	2,023	62	6,47
		1,250	2,266	81	0
		1,250	2,513	101	0
	C	1,247	1,3456	8	365
		1,247	1,3731	10	352
		1,247	1,5053	21	315
		1,247	1,7612	41	13,5

		1,247	1,9904	60	6,88
		1,247	2,1218	70	0
		1,247	2,4158	94	0
	D	1,240	1,3545	9	348
		1,240	1,38	11	339
		1,240	1,474	19	327
		1,240	1,723	39	8,4
		1,240	1,959	58	3,62
		1,240	2,182	76	0
		1,240	2,498	101	0
4 matný 27,5	A	1,243	1,3216	6	353
		1,243	1,374	11	331
		1,243	1,499	21	316
		1,243	1,733	39	146
		1,243	1,962	58	57,3
		1,243	2,146	73	8,97
		1,243	2,469	99	0
	B	1,243	1,38	11	326
		1,243	1,478	19	311
		1,243	1,733	39	155
		1,243	1,976	59	83,7
		1,243	2,247	81	5,21
		1,243	2,394	93	0
	C	1,255	1,3557	8	317
		1,255	1,3846	10	313
		1,255	1,532	22	285
		1,255	1,7924	43	98
		1,255	2,0172	61	42,3
		1,255	2,1219	69	8,15
		1,255	2,4335	94	0
	D	1,248	1,3627	9	367
		1,248	1,386	11	333
		1,248	1,417	14	332
		1,248	1,757	41	97,3
		1,248	1,974	58	29,5
		1,248	2,12	70	8,96
		1,248	2,458	97	0
5 lesklý	A	1,254	1,349	8	363
		1,254	1,398	11	376

27,5		1,254	1,481	18	372
		1,254	1,717	37	221
		1,254	1,9787	58	112
		1,254	2,201	76	13,4
		1,254	2,506	100	0
	B	1,254	1,388	11	348
		1,254	1,458	16	345
		1,254	1,742	39	207
		1,254	1,931	54	129
		1,254	2,174	73	32,3
		1,254	2,495	99	0
	C	1,247	1,3485	8	333
		1,247	1,3752	10	330
		1,247	1,4806	19	319
		1,247	1,7682	42	141
		1,247	1,9845	59	74,2
		1,247	2,3806	91	0
		1,247	2,4699	98	0
	D	1,272	1,3793	8	294
		1,272	1,416	11	285
		1,272	1,519	19	291
		1,272	1,77	39	97,4
		1,272	2,073	63	34,8
		1,272	2,252	77	0
		1,272	2,556	101	0
6 velmi lesklý 27,5	A	1,222	1,3285	9	339
		1,222	1,359	11	332
		1,222	1,446	18	339
		1,222	1,695	39	67
		1,222	1,941	59	35,8
		1,222	2,171	78	24,8
		1,222	2,371	94	0
	B	1,222	1,367	12	338
		1,222	1,449	19	329
		1,222	1,692	38	48,5
		1,222	1,945	59	16
		1,222	2,228	82	0
		1,222	2,374	94	0
	C	1,228	1,3218	8	365

		1,228	1,3585	11	358
		1,228	1,4981	22	326
		1,228	1,6909	38	39,7
		1,228	1,9742	61	16,9
		1,228	2,2257	81	0
		1,228	2,495	103	0
	D	1,209	1,3236	9	340
		1,209	1,351	12	339
		1,209	1,458	21	312
		1,209	1,626	34	48,1
		1,209	1,941	61	12,3
		1,209	2,184	81	0
		1,209	2,384	97	0
7 matný 28,5	A	1,217	1,3105	8	352
		1,217	1,34	10	347
		1,217	1,467	21	325
		1,217	1,718	41	249
		1,217	1,919	58	198
		1,217	2,158	77	10,5
		1,217	2,331	92	3,13
	B	1,217	1,353	11	376
		1,217	1,445	19	386
		1,217	1,689	39	261
		1,217	1,912	58	165
		1,217	2,115	74	4,97
		1,217	2,379	95	0
	C	1,213	1,3131	8	333
		1,213	1,3478	11	345
		1,213	1,4675	21	321
		1,213	1,6521	36	192
		1,213	1,9282	59	158
		1,213	2,2043	82	0
	D	1,213	2,46	103	0
		1,218	1,3233	9	380
		1,218	1,36	12	381
		1,218	1,442	18	339
		1,218	1,681	38	188
		1,218	1,908	57	105
		1,218	2,19	80	5,66

		1,218	2,5	105	0
8 lesklý 28,5	A	1,189	1,2782	8	391
		1,189	1,311	10	399
		1,189	1,411	19	397
		1,189	1,662	40	280
		1,189	1,895	59	185
		1,189	2,112	78	39,4
		1,189	2,39	101	3,23
	B	1,189	1,312	10	424
		1,189	1,415	19	401
		1,189	1,673	41	294
		1,189	1,864	57	160
		1,189	2,037	71	33,2
		1,189	2,282	92	2,38
	C	1,188	1,2851	8	394
		1,188	1,3181	11	388
		1,188	1,4539	22	352
		1,188	1,6614	40	263
		1,188	1,8518	56	174
		1,188	2,147	81	13,2
		1,188	2,3706	100	0
	D	1,188	1,2931	9	403
		1,188	1,321	11	412
		1,188	1,418	19	396
		1,188	1,633	37	230
		1,188	1,872	58	123
		1,188	2,067	74	11,8
		1,188	2,315	95	0
9 velmi lesklý 28,5	A	1,270	1,3722	8	289
		1,270	1,414	11	285
		1,270	1,518	20	272
		1,270	1,736	37	12
		1,270	1,991	57	4
		1,270	2,166	71	0
		1,270	2,477	95	0
	B	1,270	1,429	13	296
		1,270	1,519	20	281
		1,270	1,775	40	16
		1,270	2,033	60	6

		1,270	2,156	70	0
		1,270	2,49	96	0
	C	1,266	1,3688	8	309
		1,266	1,4077	11	295
		1,266	1,5387	22	244
		1,266	1,6931	34	22,7
		1,266	2,0131	59	9,18
		1,266	2,3007	82	0
		1,266	2,4755	96	0
	D	1,278	1,3902	9	285
		1,278	1,416	11	294
		1,278	1,505	18	266
		1,278	1,787	40	11,9
		1,278	2,057	61	5,92
		1,278	2,219	74	0
		1,278	2,524	97	0
10 kepr2/2 37	A	1,290	1,3913	8	286
		1,290	1,426	11	279
		1,290	1,553	20	245
		1,290	1,808	40	136
		1,290	2,081	61	36,5
		1,290	2,234	73	4,06
		1,290	2,498	94	0
	B	1,290	1,438	11	203
		1,290	1,54	19	260
		1,290	1,773	37	156
		1,290	2,063	60	94,3
		1,290	2,277	77	0
		1,290	2,491	93	0
	C	1,273	1,3763	8	301
		1,273	1,4229	12	292
		1,273	1,5217	20	251
		1,273	1,7448	37	118
		1,273	1,9849	56	37,2
		1,273	2,2426	76	0
		1,273	2,4536	93	0
	D	1,292	1,3978	8	285
		1,292	1,435	11	283
		1,292	1,559	21	254

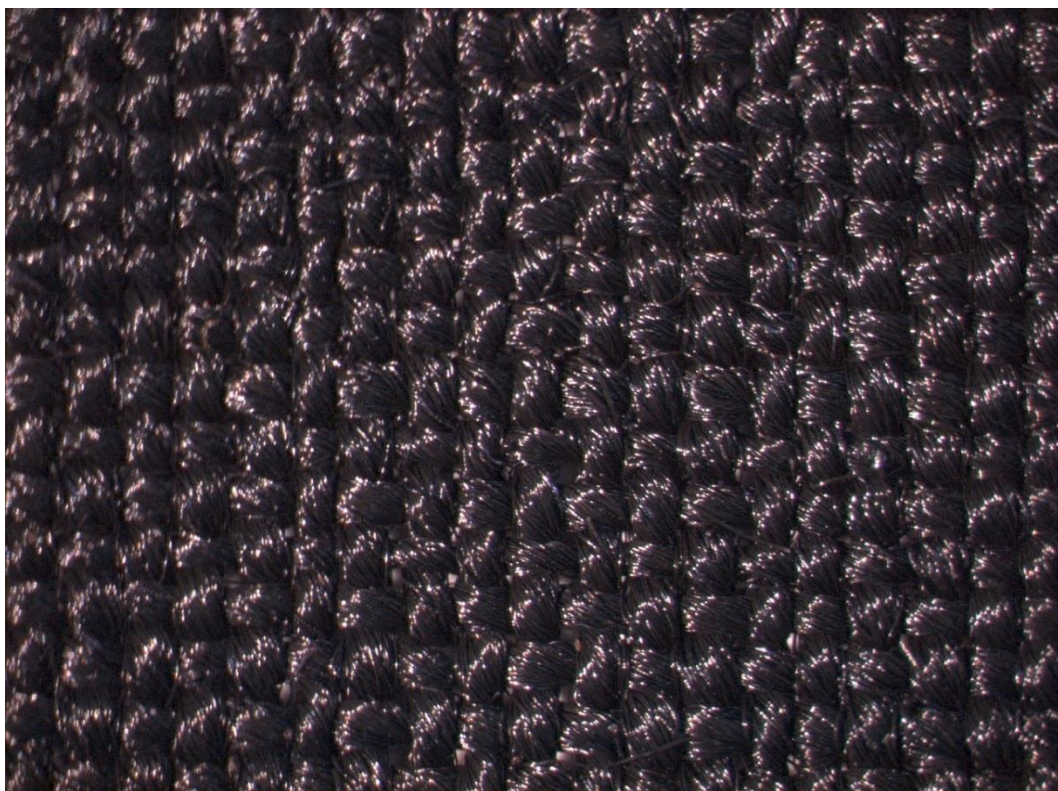
		1,292	1,798	39	68,6
		1,292	2,074	61	14,4
		1,292	2,261	75	0
		1,292	2,55	97	0
11 kepr2/1 32	A	1,291	1,3875	7	255
		1,291	1,432	11	255
		1,291	1,543	20	242
		1,291	1,788	38	113
		1,291	2,054	59	33,6
		1,291	2,312	79	2,4
		1,291	2,622	103	0
	B	1,291	1,445	12	270
		1,291	1,53	19	256
		1,291	1,795	39	132
		1,291	2,059	59	87,2
		1,291	2,327	80	3,23
		1,291	2,427	88	0
	C	1,279	1,3844	8	286
		1,279	1,4289	12	268
		1,279	1,5535	21	261
		1,279	1,769	38	129
		1,279	2,0184	58	46,7
		1,279	2,3592	84	0
		1,279	2,62	105	0
	D	1,280	1,38922	9	280
		1,280	1,415	11	260
		1,280	1,529	19	259
		1,280	1,784	39	73,6
		1,280	2,085	63	24,1
		1,280	2,19	71	0
		1,280	2,543	99	0

Příloha 10:

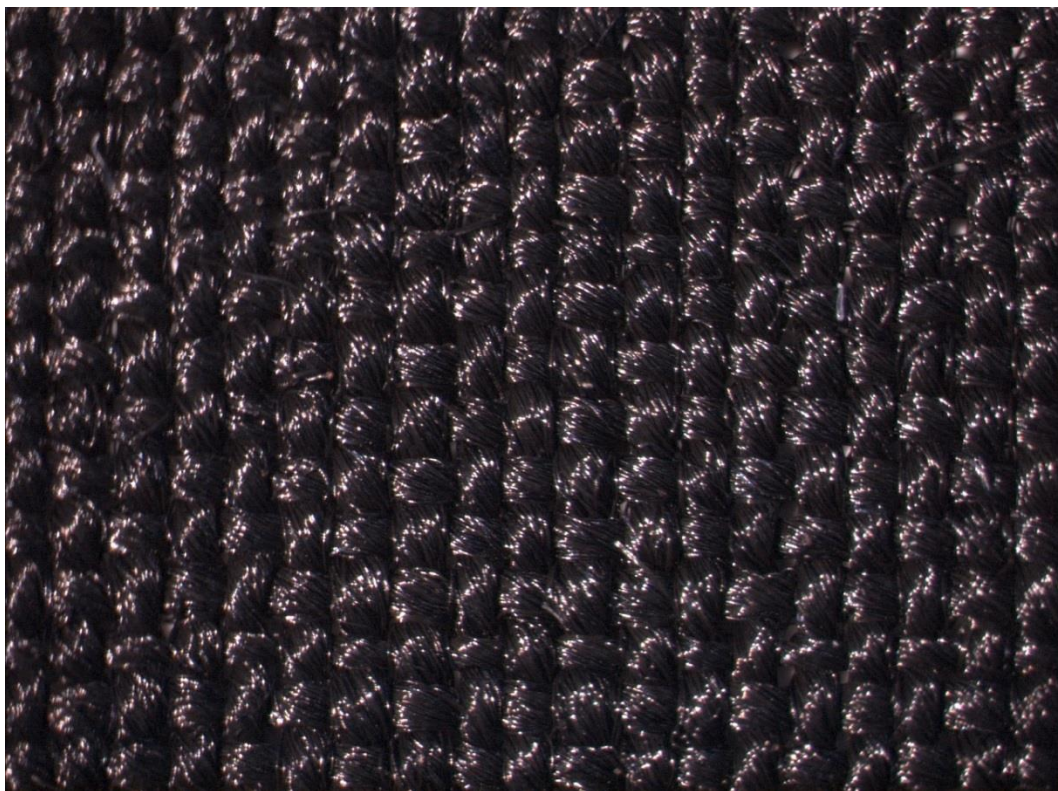
Snímky ze stereomikroskopu

Zvětšení: 32x

Vzorek 1 – matný 26,5 – 64 % vlhkost vzduchu:



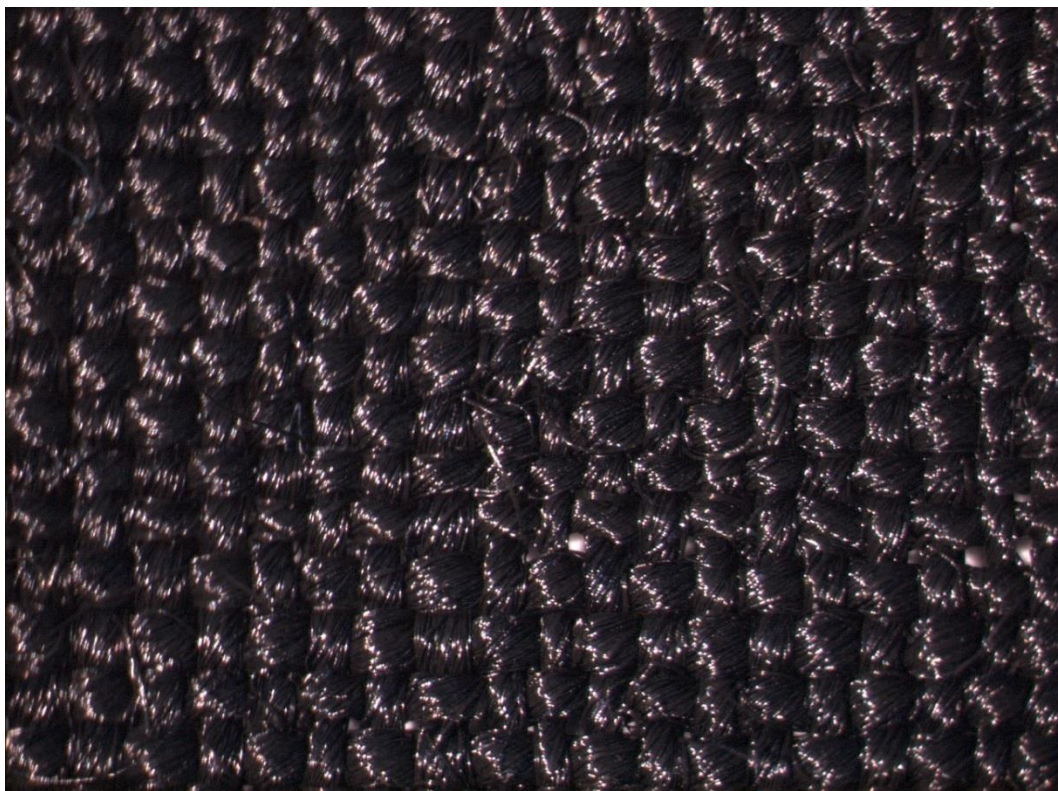
Vzorek 1 – matný 26,5 – 10 % zavlhčení:



Vzorek 1 – matný 26,5 – 20 % zavlhčení:



Vzorek 1 – matný 26,5 – 40 % zavlhčení:



Vzorek 1 – matný 26,5 – 60 % zavlhčení:



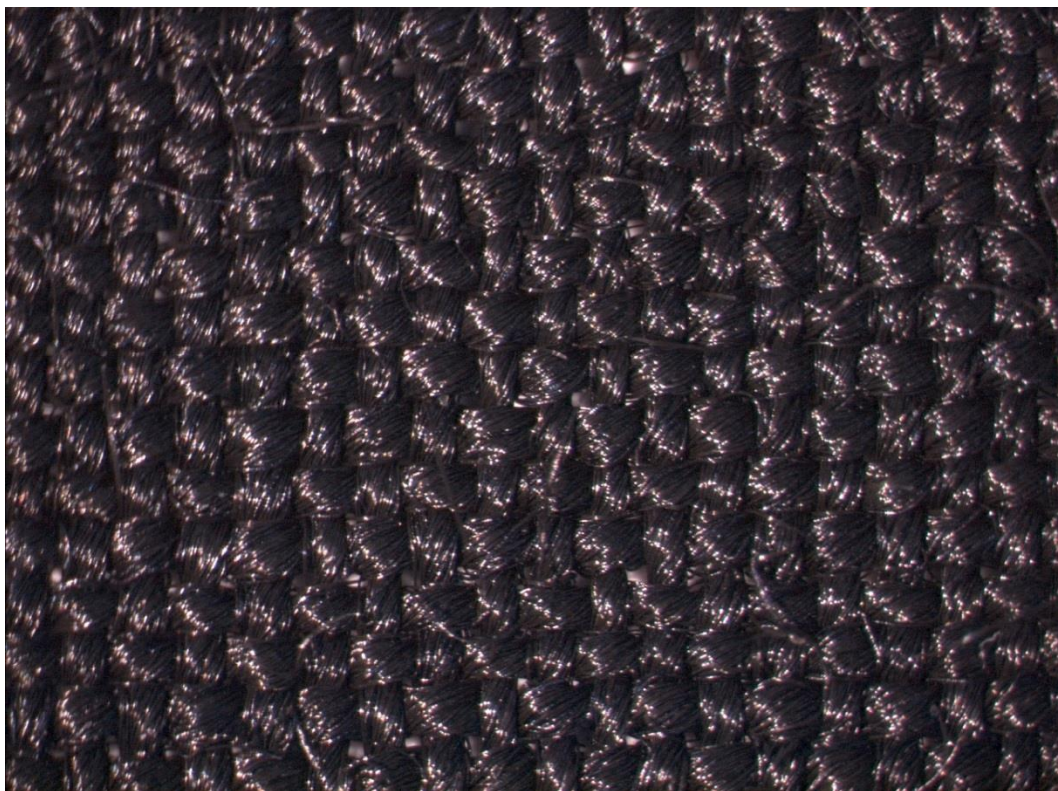
Vzorek 1 – matný 26,5 – 80 % zavlhčení:



Vzorek 1 – matný 26,5 – 100 % zavlhčení:



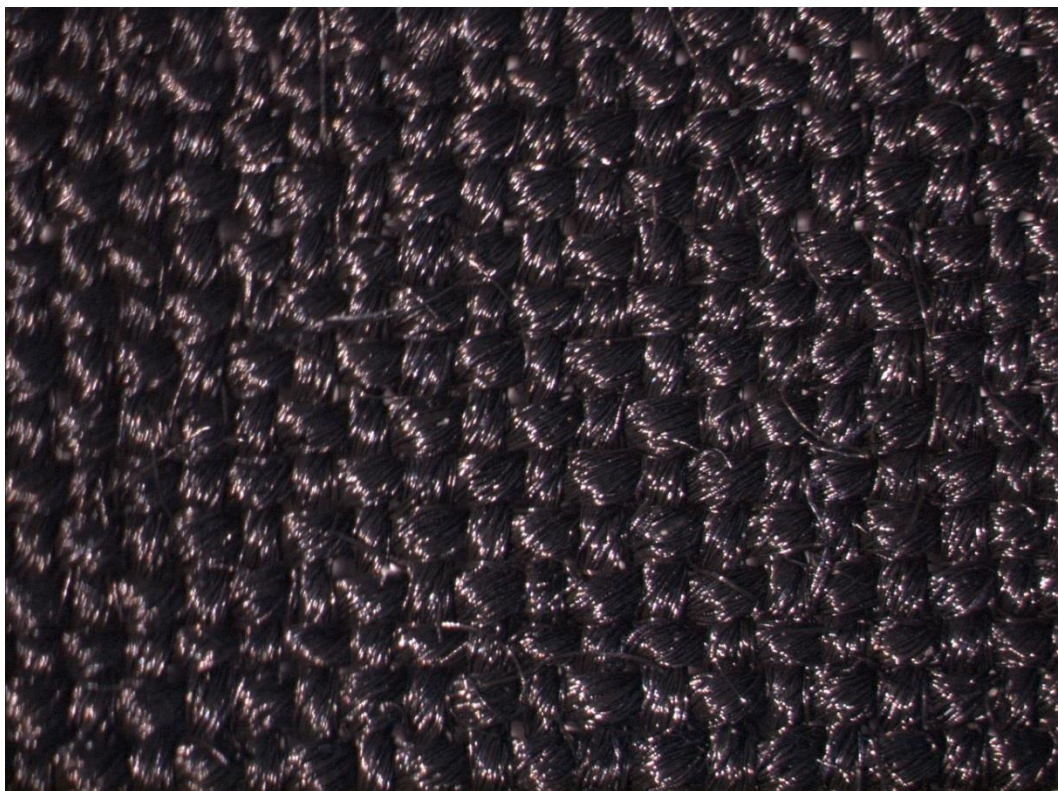
Vzorek 2 – lesklý 26,5 – 64 % RH:



Vzorek 2 – lesklý 26,5 – 10 % zavlhčení:



Vzorek 2 – lesklý 26,5 – 20 % zavlhčení:



Vzorek 2 – lesklý 26,5 – 40 % zavlhčení:



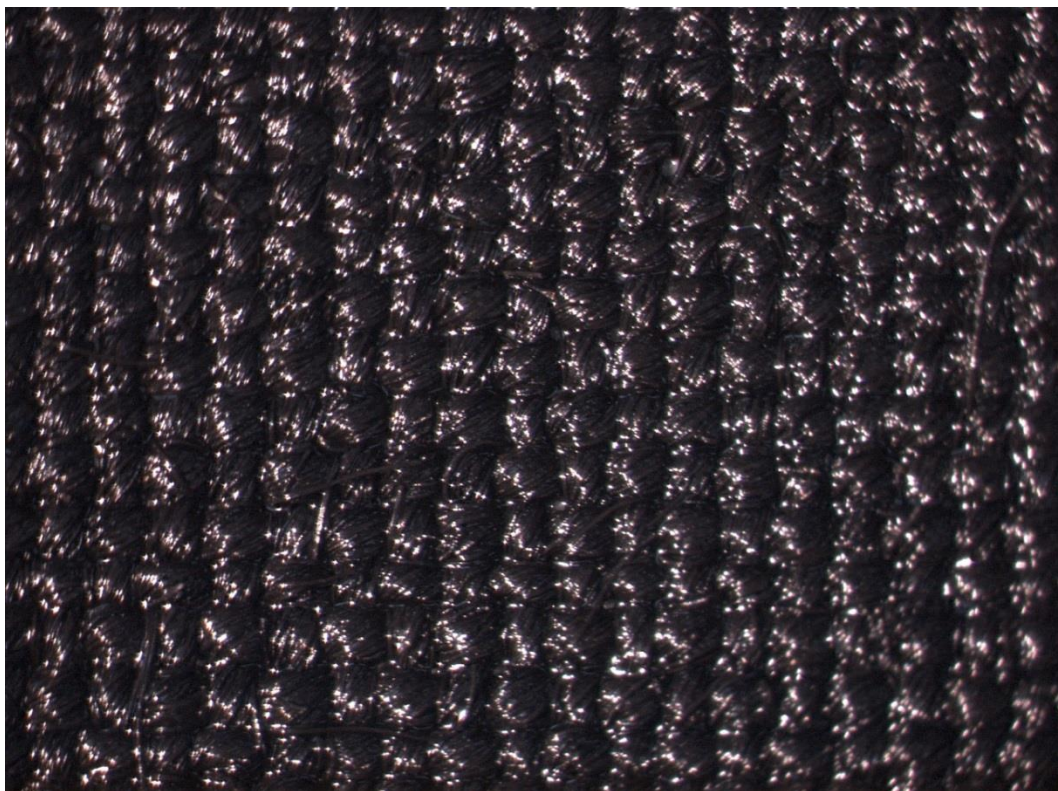
Vzorek 2 – lesklý 26,5 – 60 % zavlhčení:



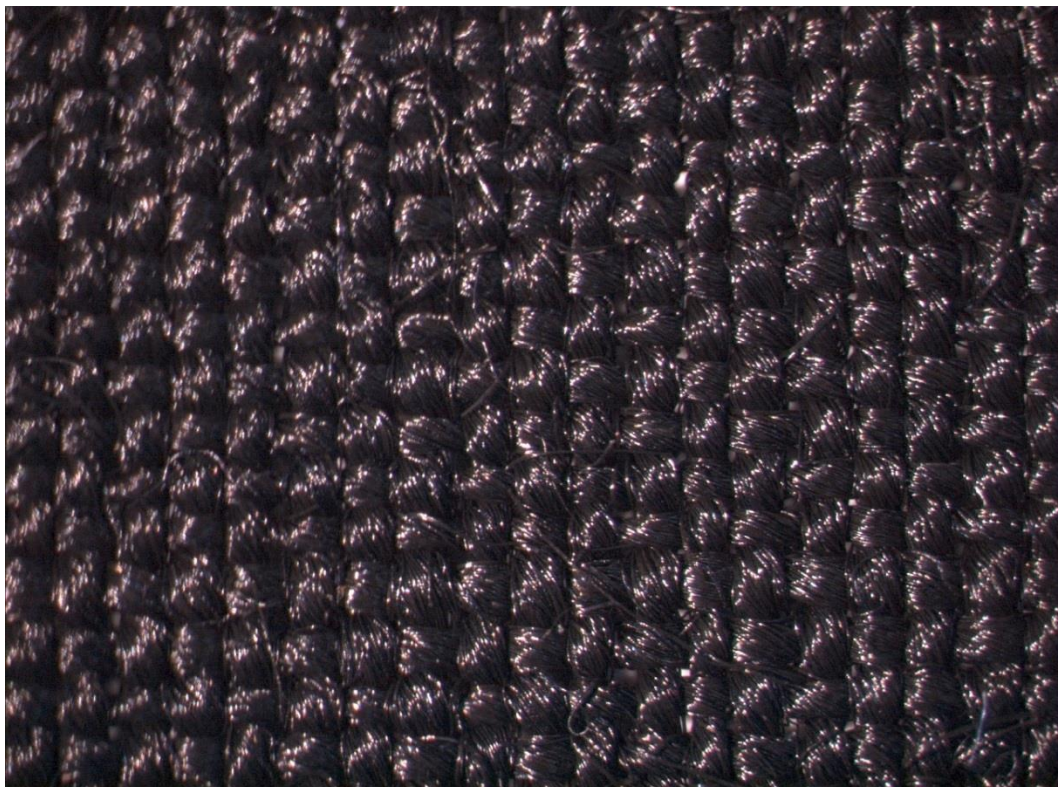
Vzorek 2 – lesklý 26,5 – 80 % zavlhčení:



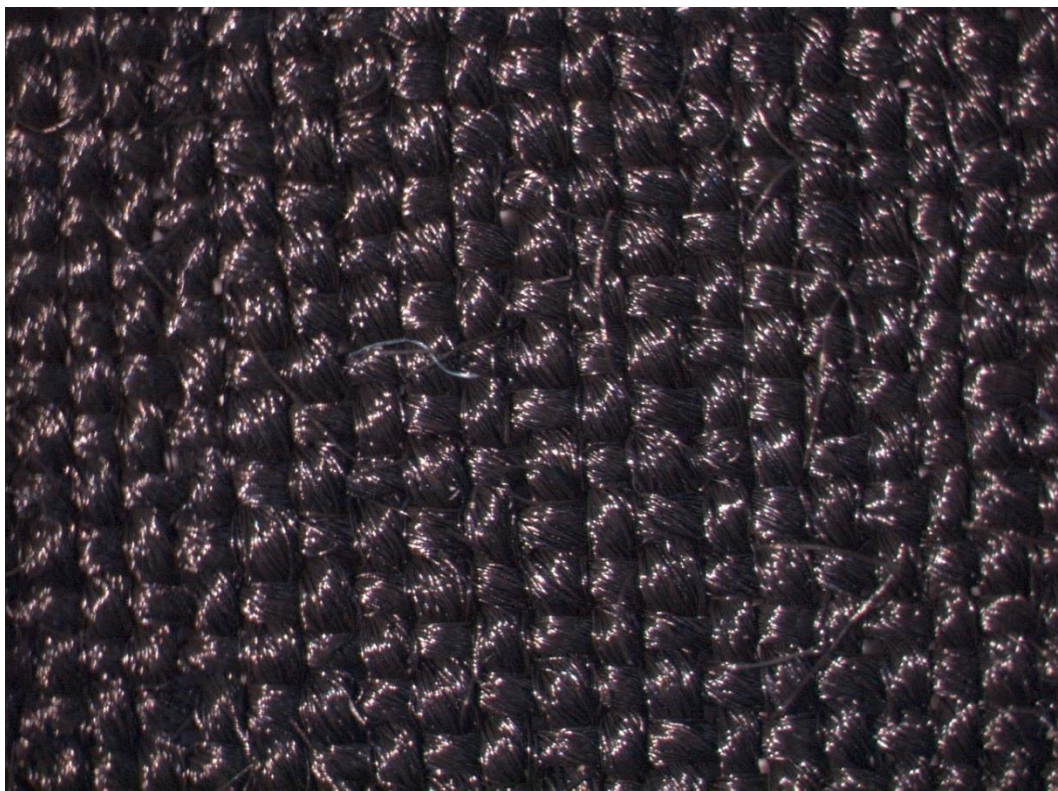
Vzorek 2 – lesklý 26,5 – 100 % zavlhčení:



Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 – 65 % RH:



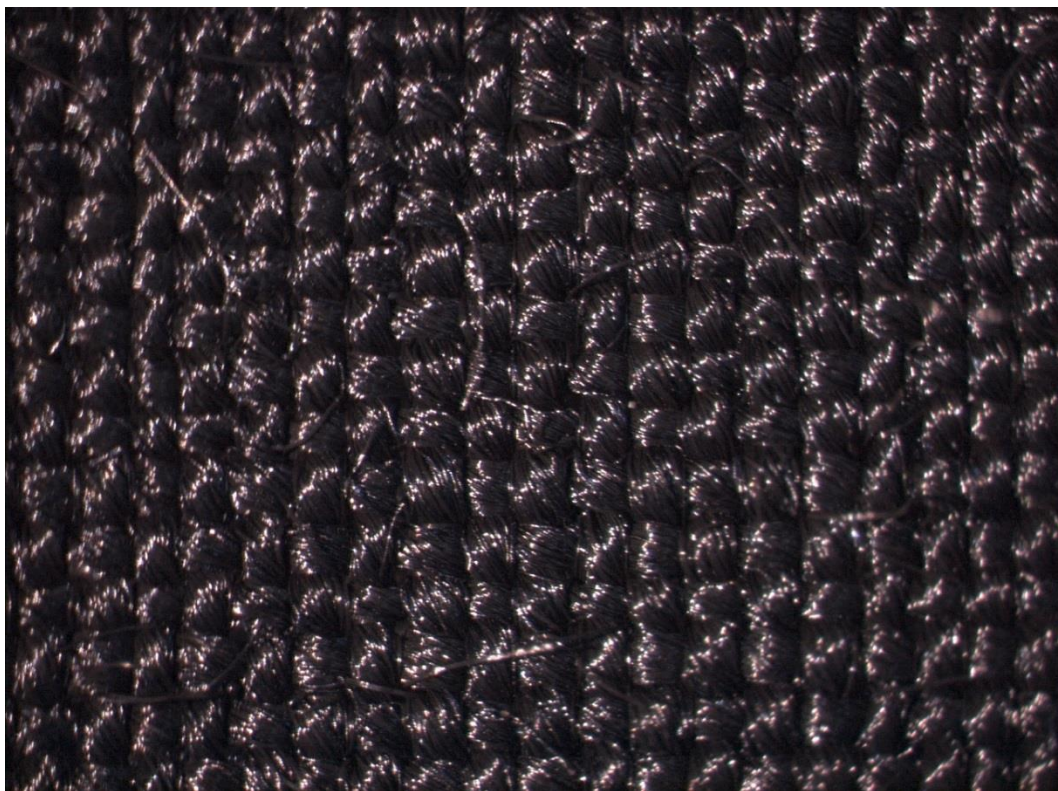
Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 – 10 % zavlhčení:



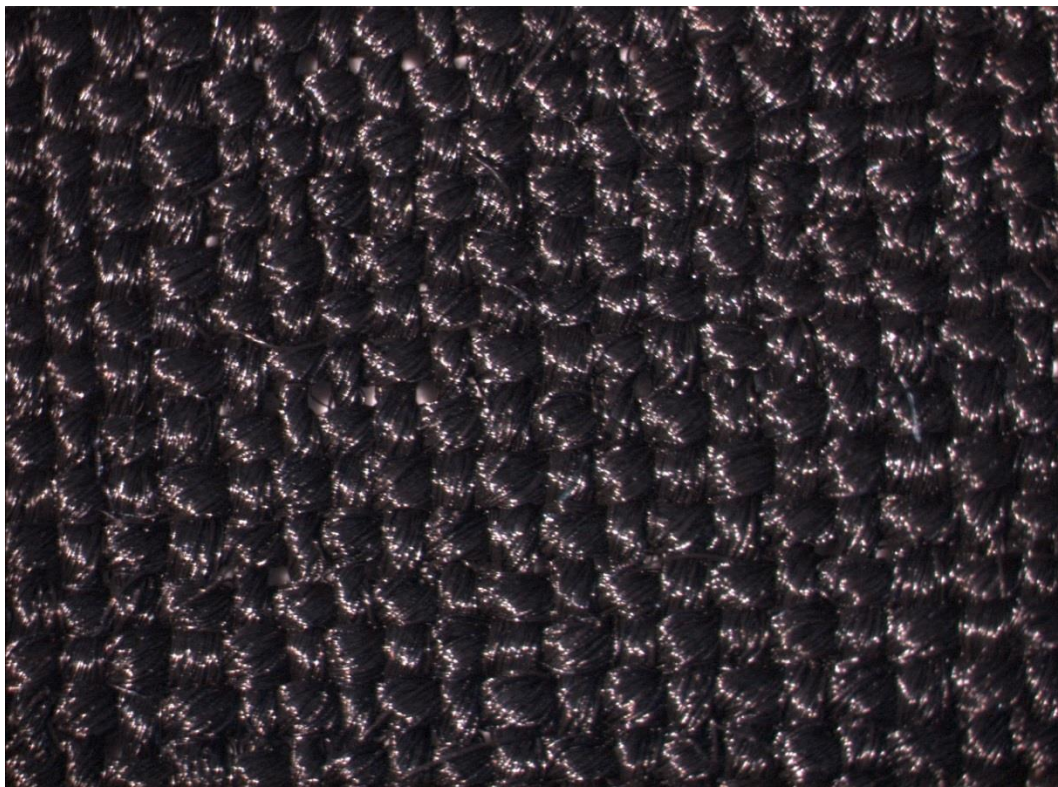
Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 – 20 % zavlhčení:



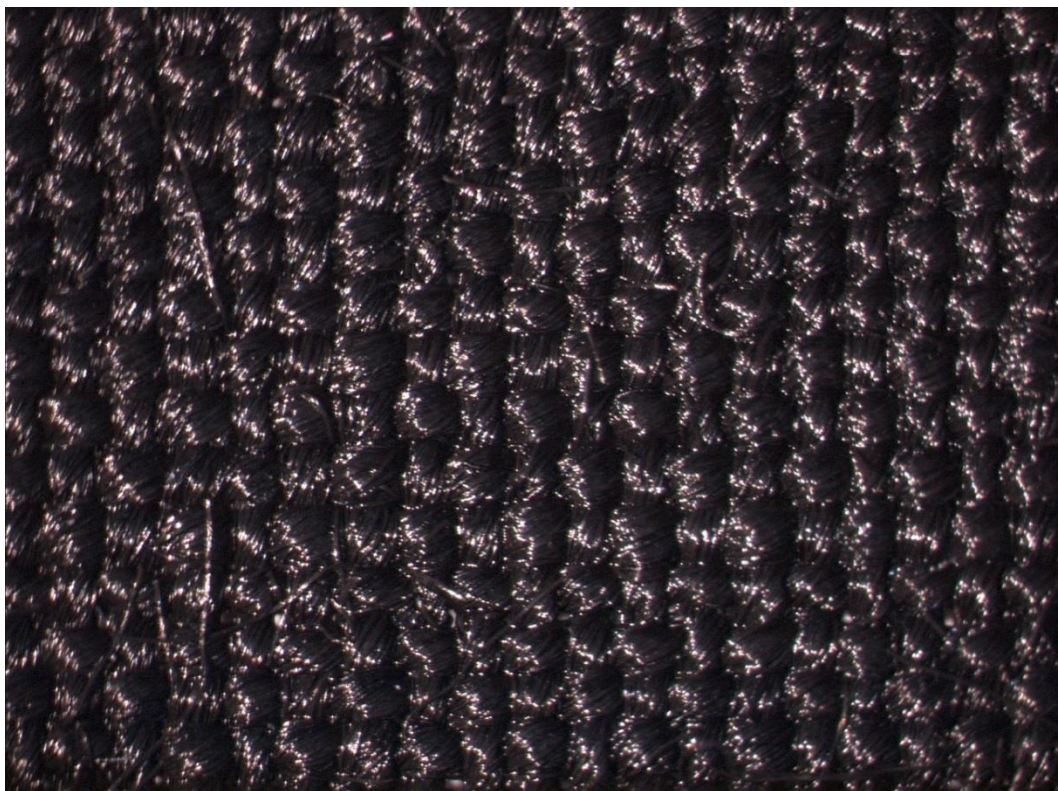
Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 – 40 % zavlhčení:



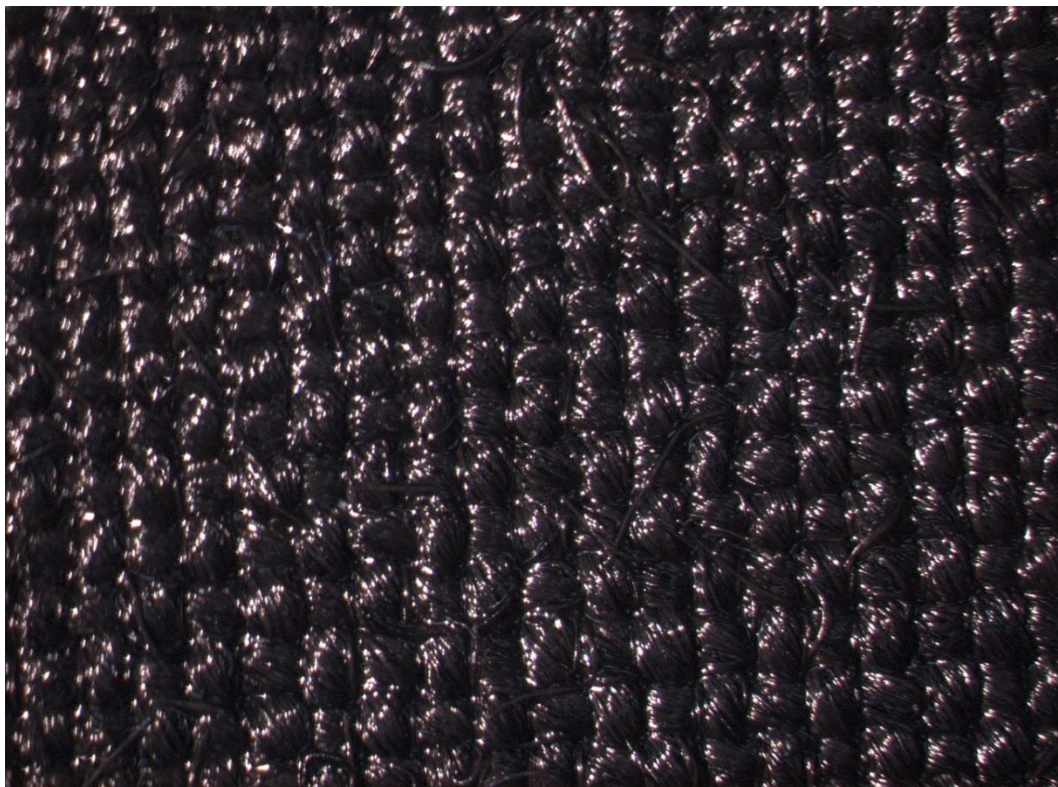
Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 – 60 % zavlhčení:



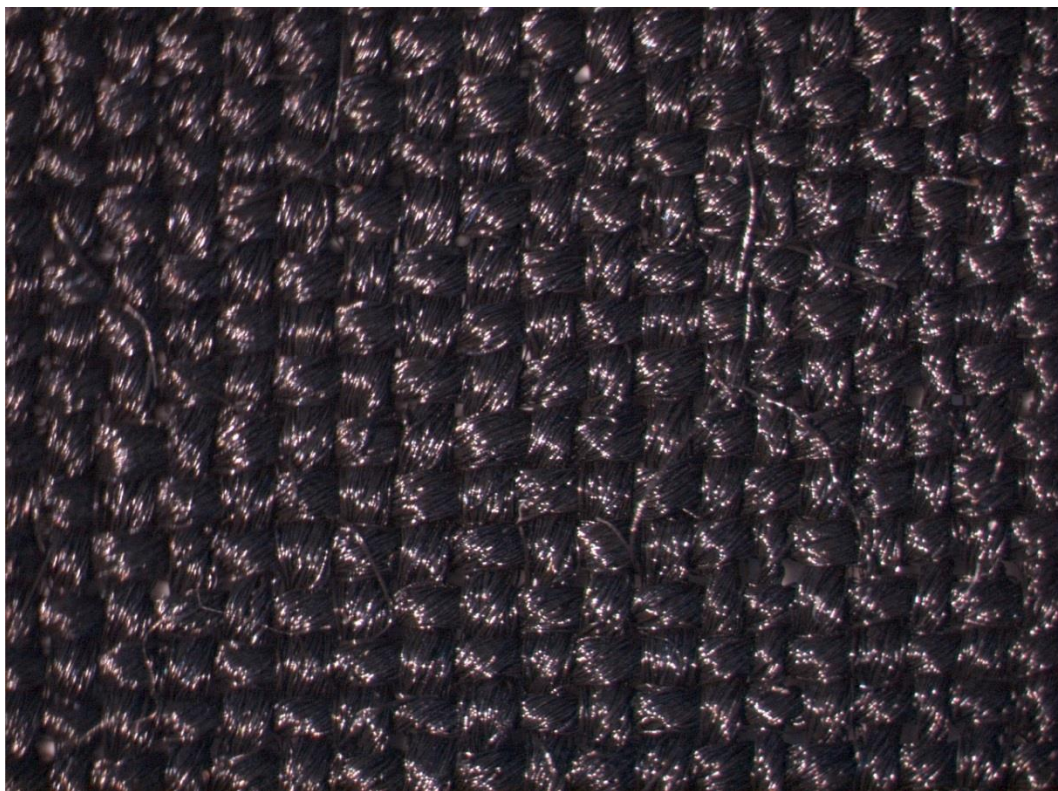
Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 – 80 % zavlhčení:



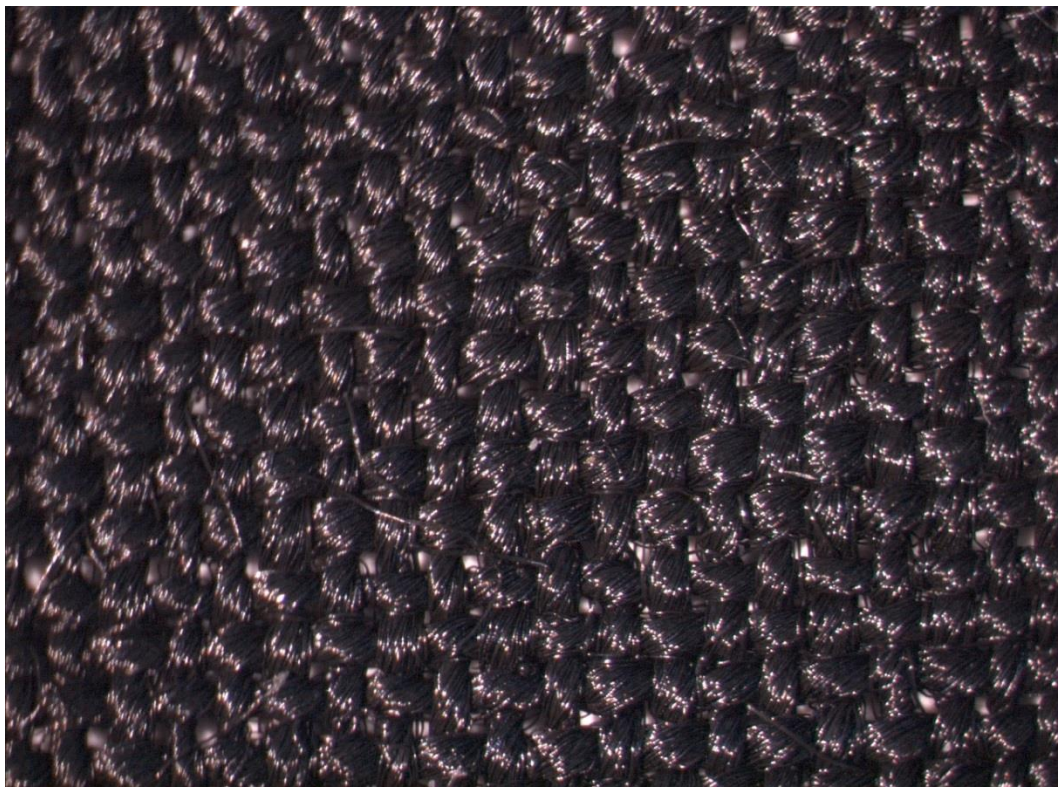
Vzorek 3 – velmi lesklý 26,5 – 100 % zavlhčení:



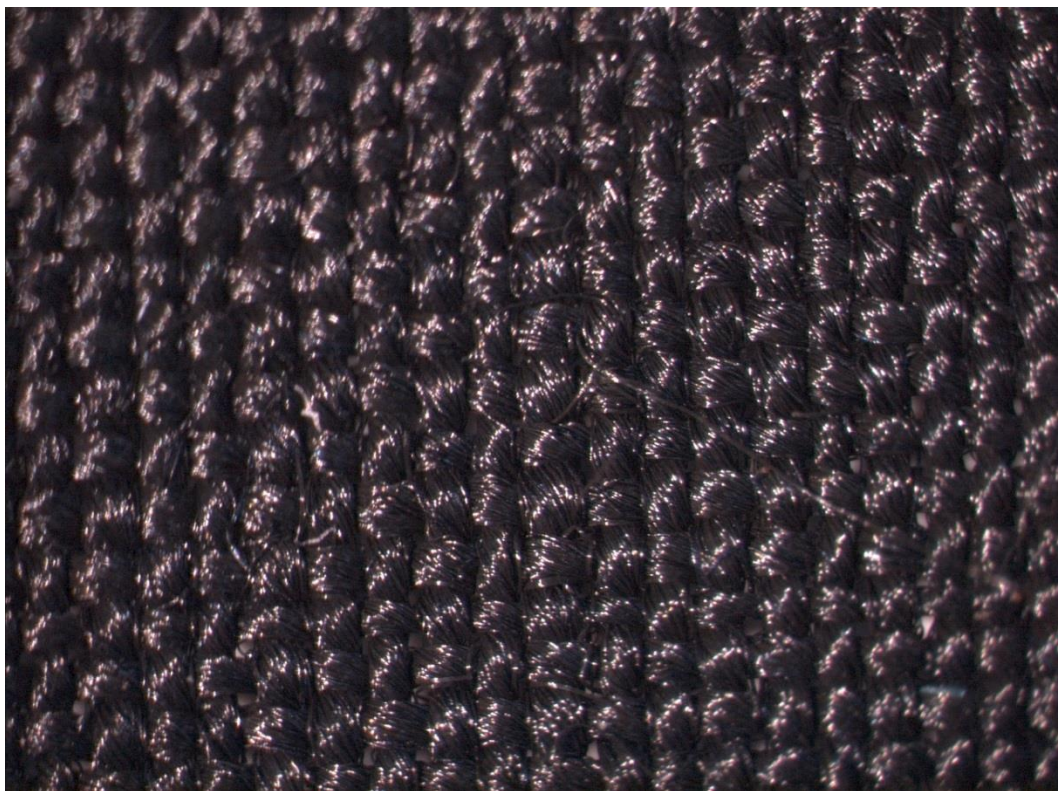
Vzorek 4 – matný 27,5 – 64 % RH:



Vzorek 4 – matný 27,5 – 10 % zavlhčení:



Vzorek 4 – matný 27,5 – 20 % zavlhčení:



Vzorek 4 – matný 27,5 – 40 % zavlhčení:



Vzorek 4 – matný 27,5 – 60 % zavlhčení:



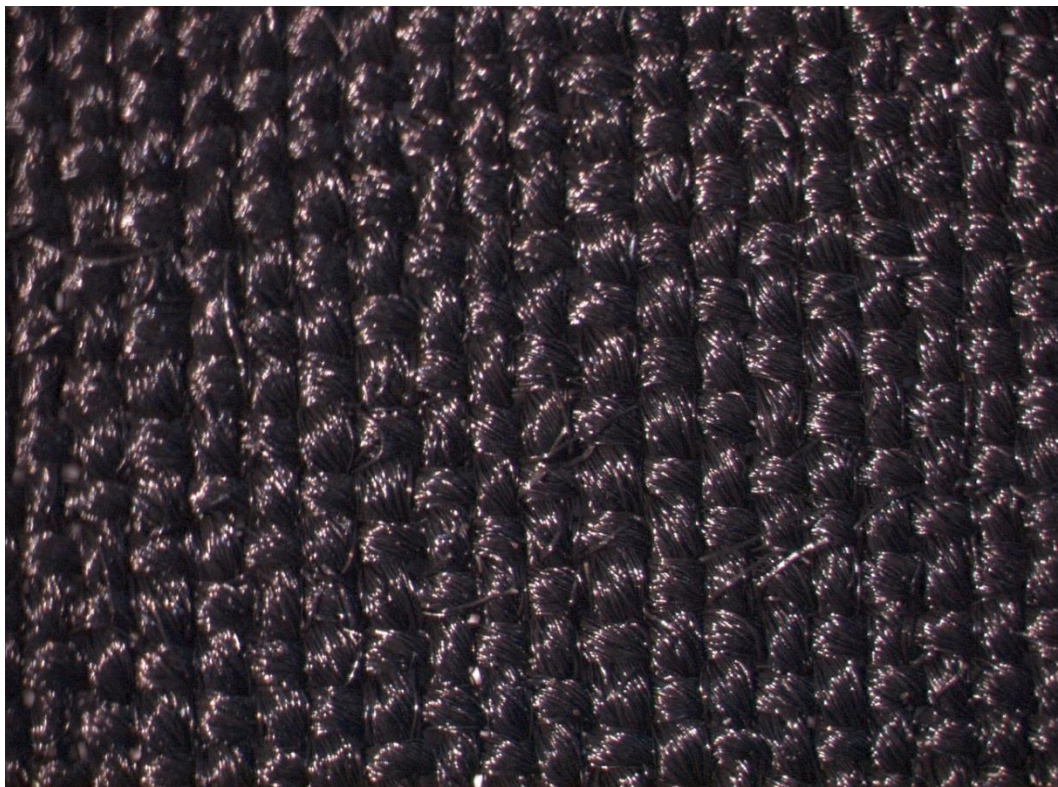
Vzorek 4 – matný 27,5 – 80 % zavlhčení:



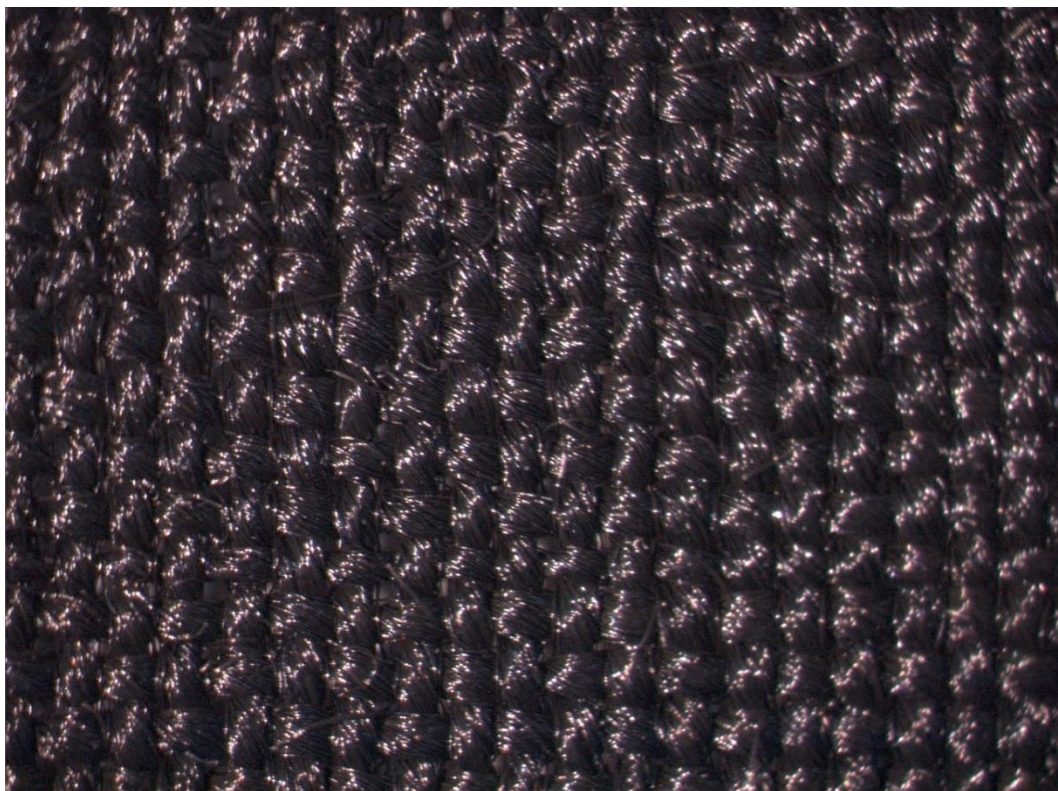
Vzorek 4 – matný 27,5 – 100 % zavlhčení:



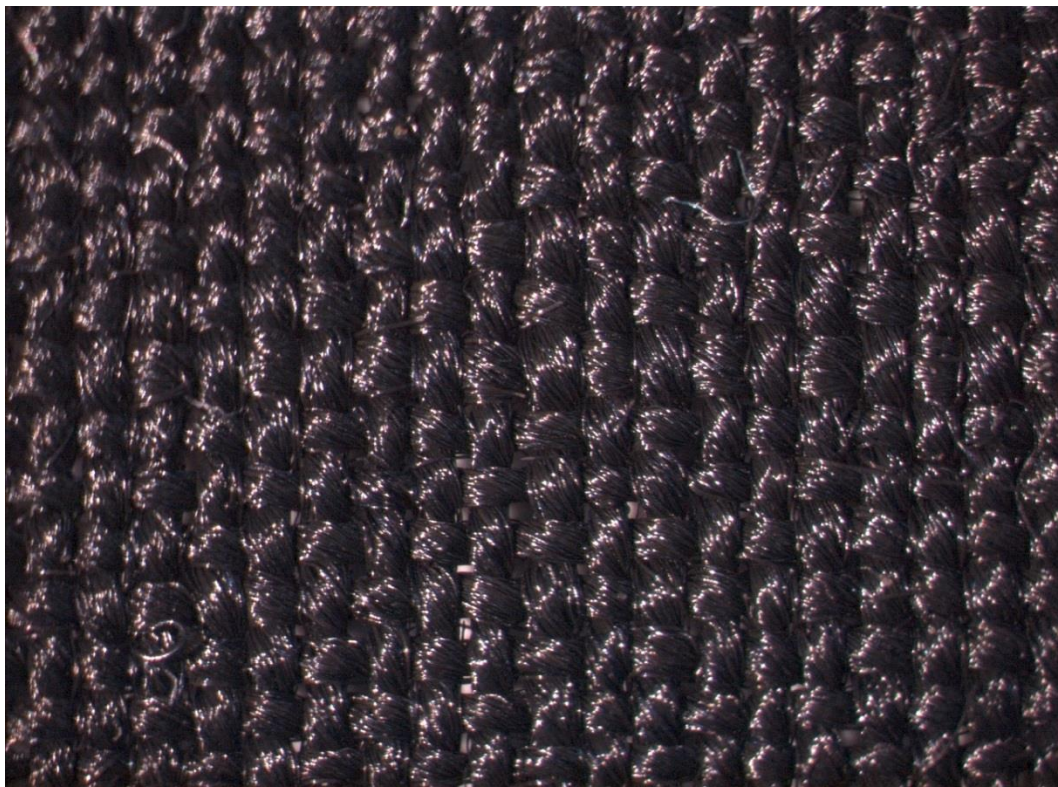
Vzorek 5 – lesklý 27,5 – 64 % RH:



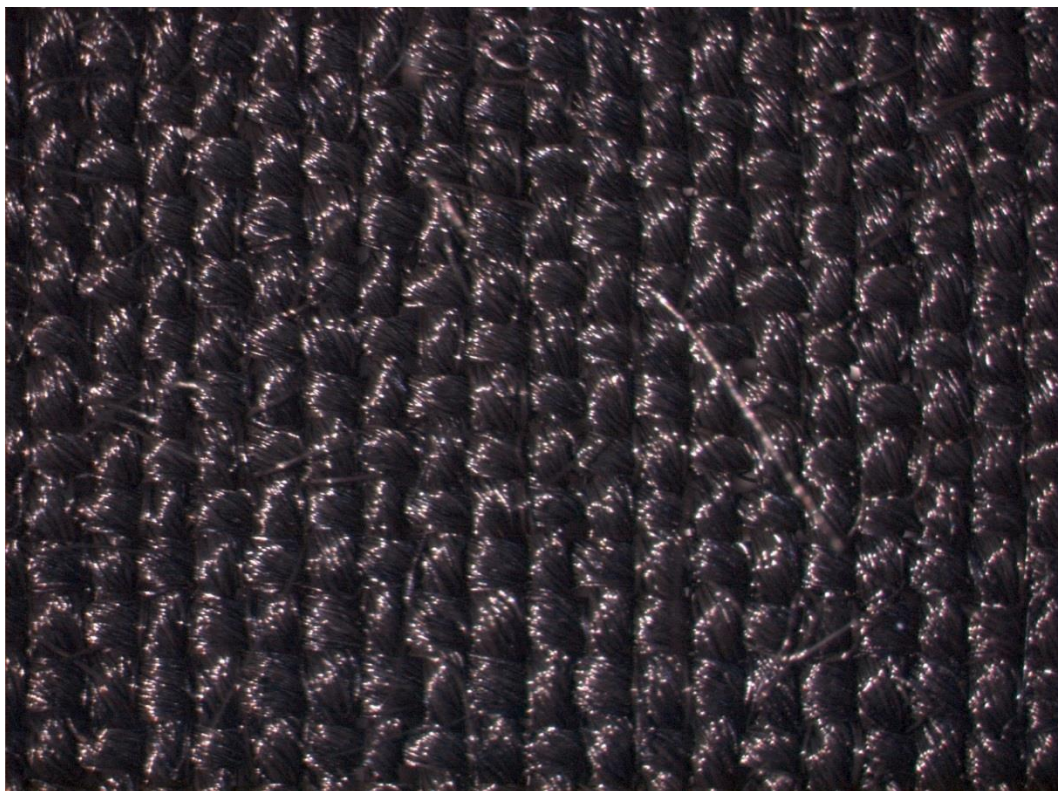
Vzorek 5 – lesklý 27,5 – 10 % zavlhčení:



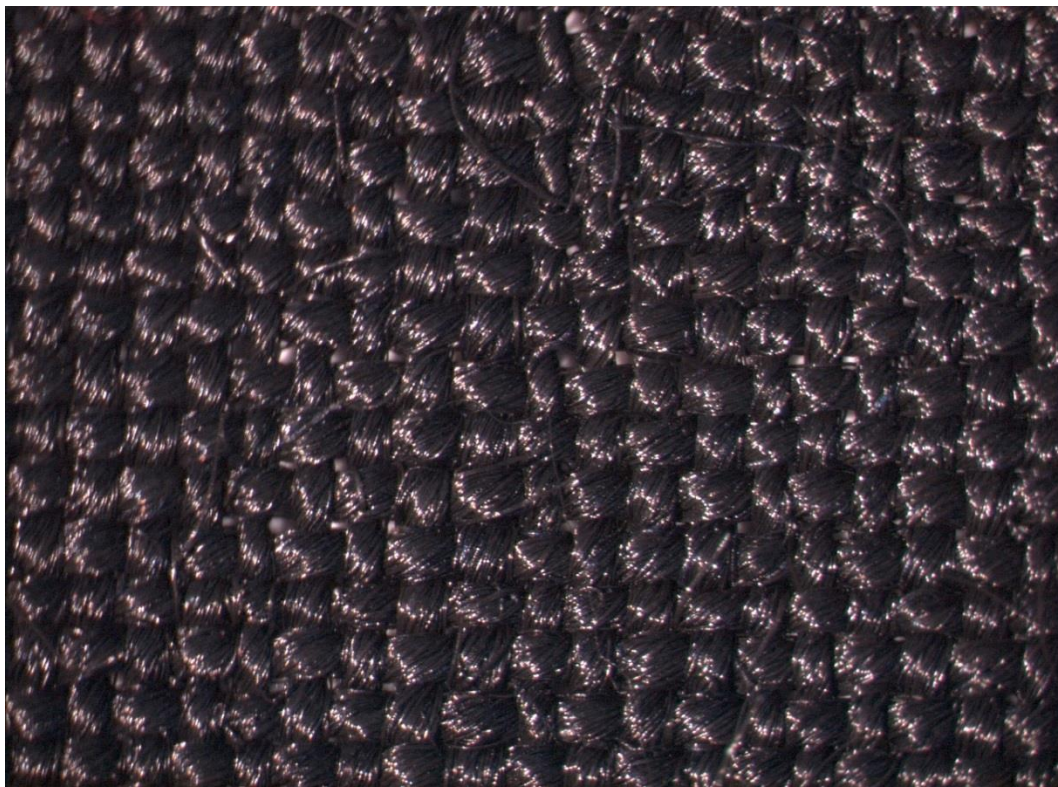
Vzorek 5 – lesklý 27,5 – 20 % zavlhčení:



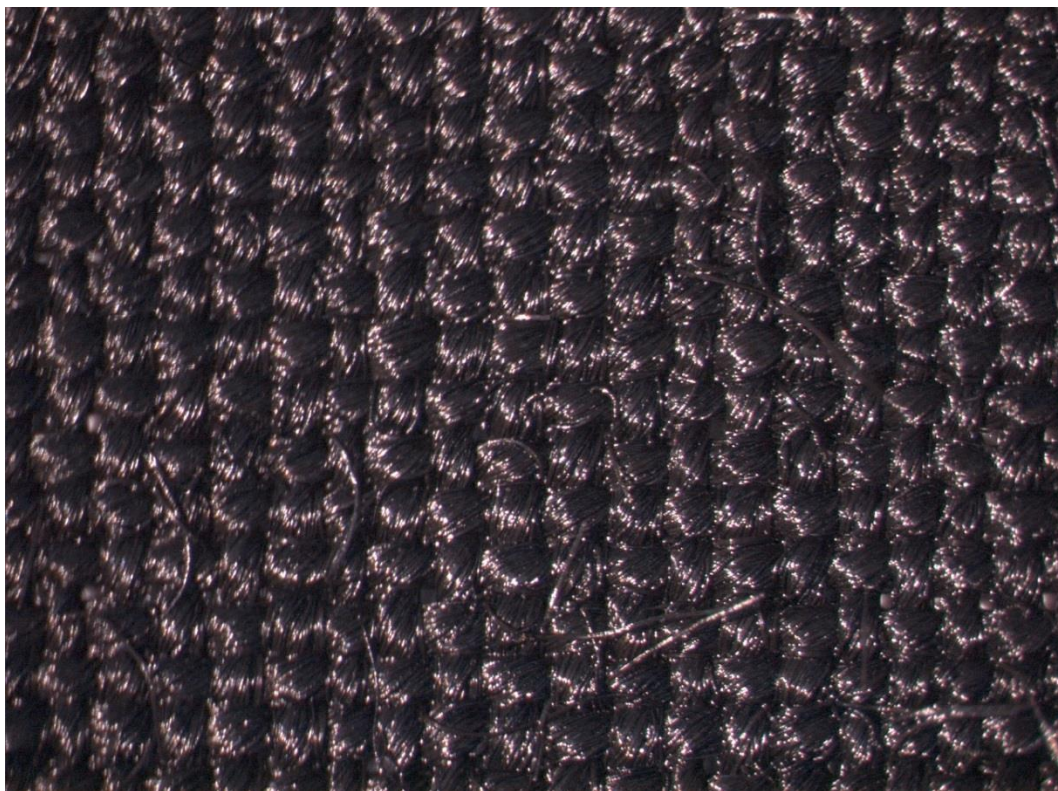
Vzorek 5 – lesklý 27,5 – 40 % zavlhčení:



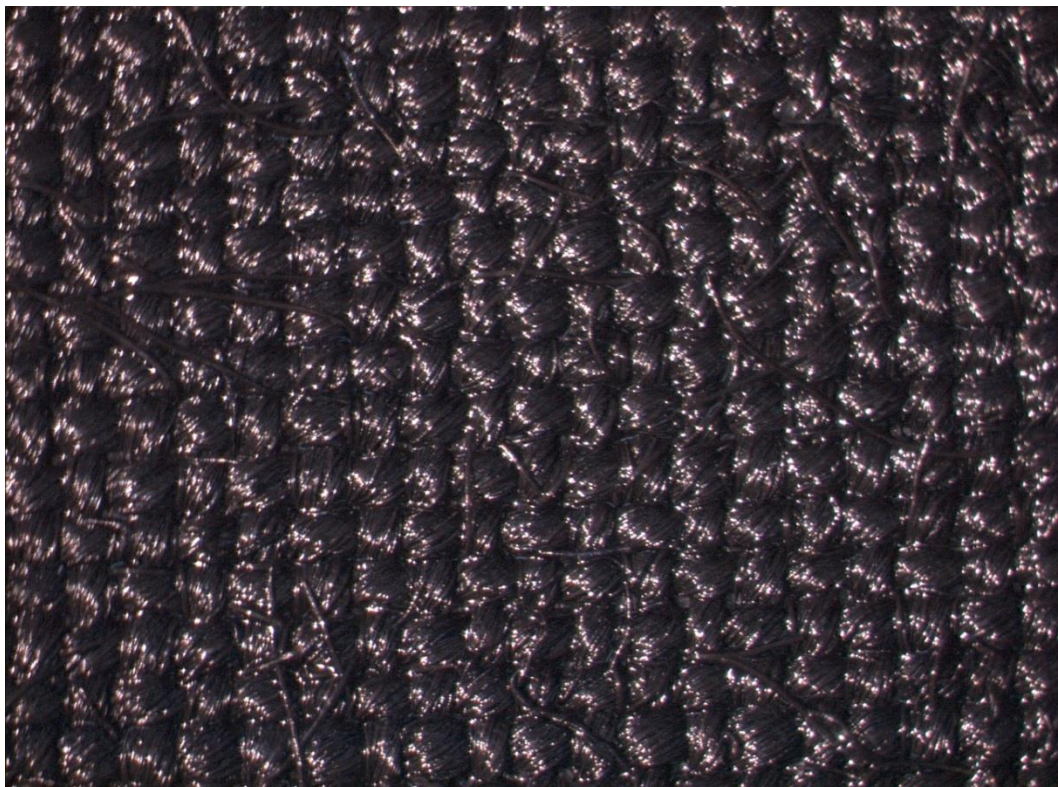
Vzorek 5 – lesklý 27,5 – 60 % zavlhčení:



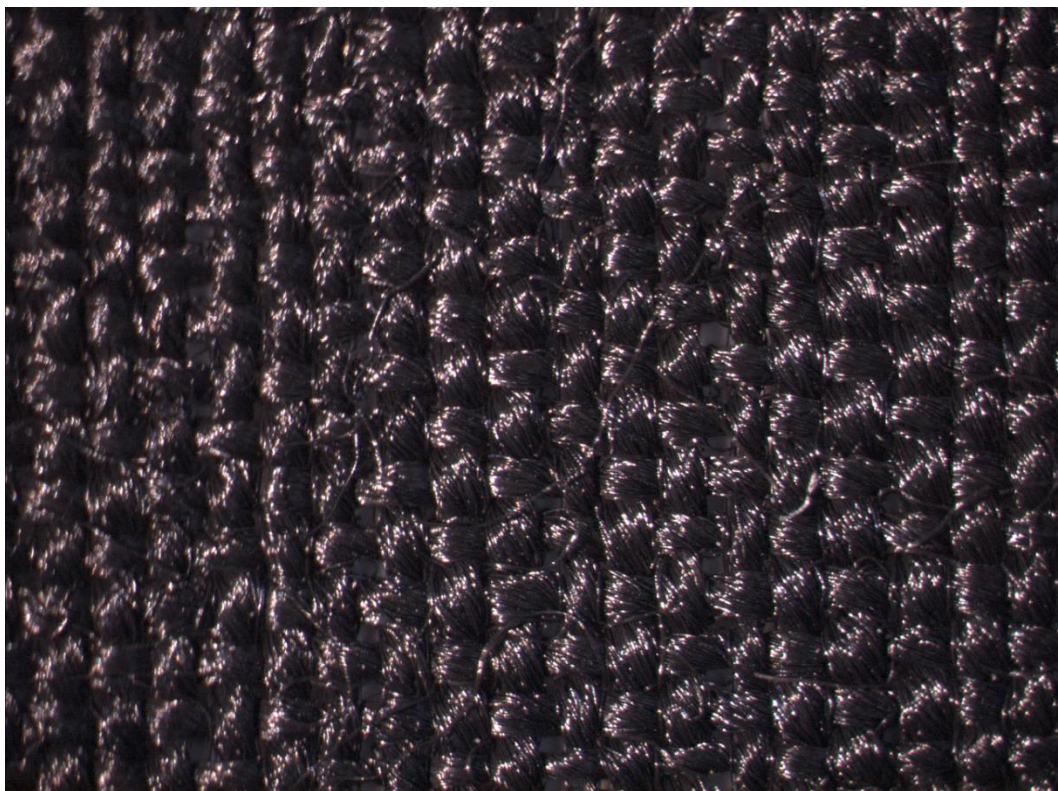
Vzorek 5 – lesklý 27,5 – 80 % zavlhčení:



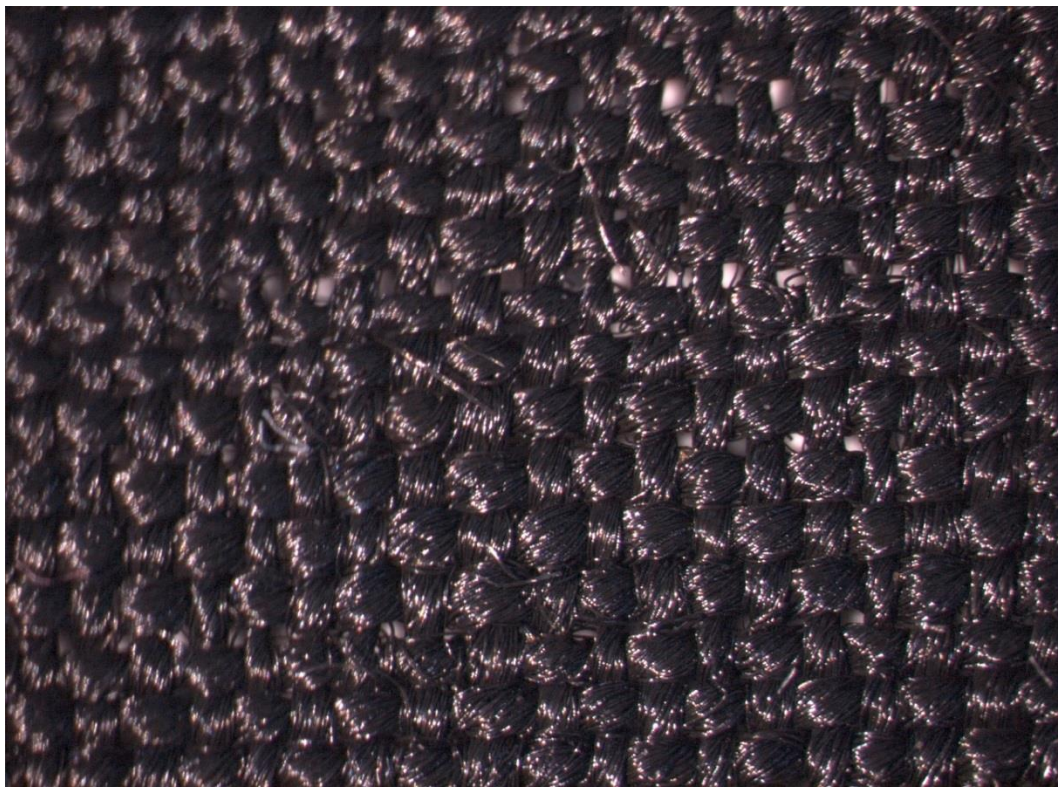
Vzorek 5 – lesklý 27,5 – 100 % zavlhčení:



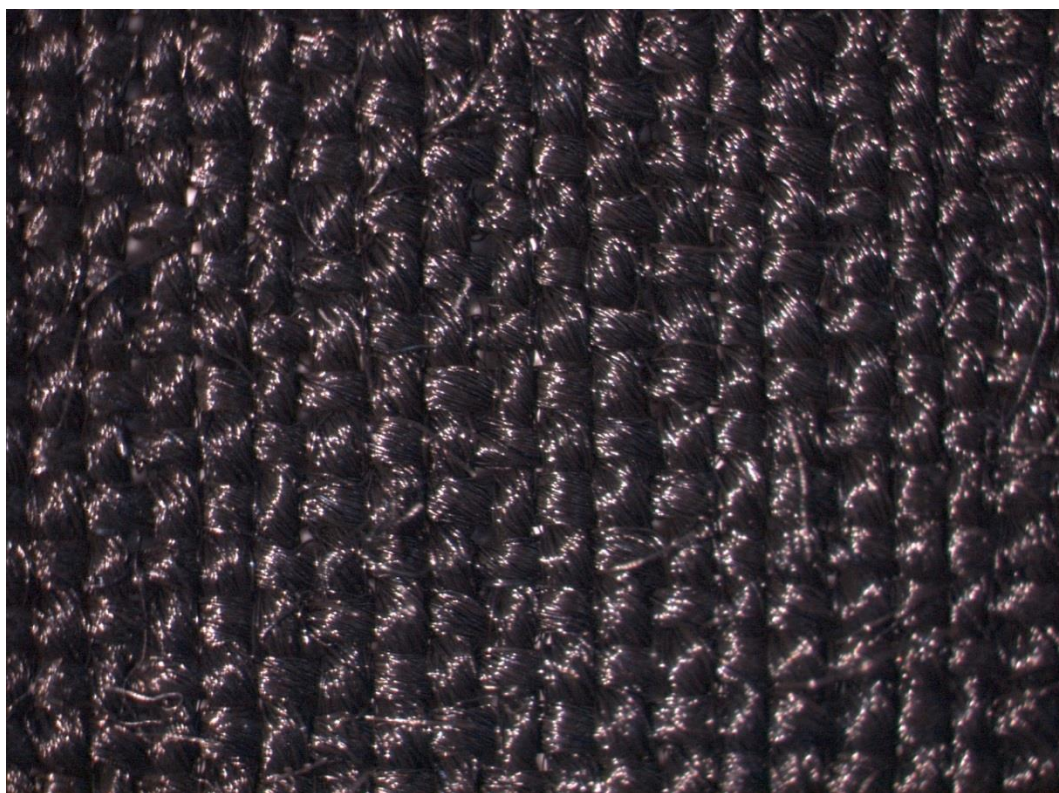
Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 – 64 % RH:



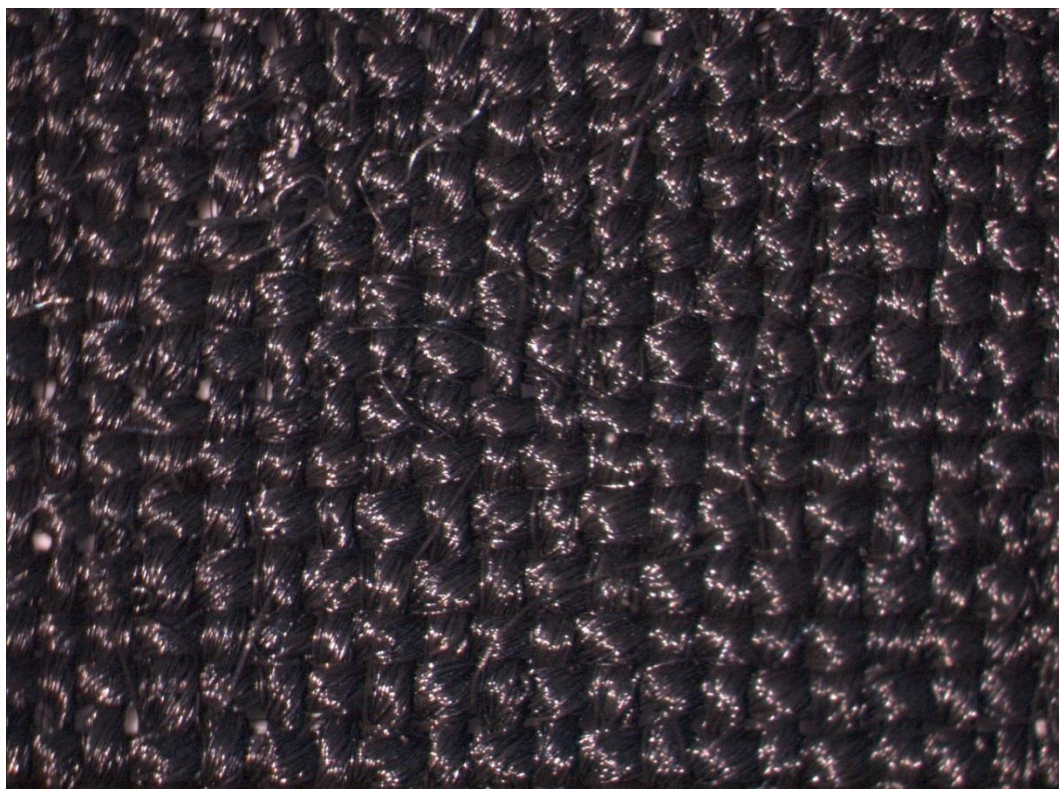
Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 – 10 % zavlhčení:



Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 – 20 % zavlhčení:



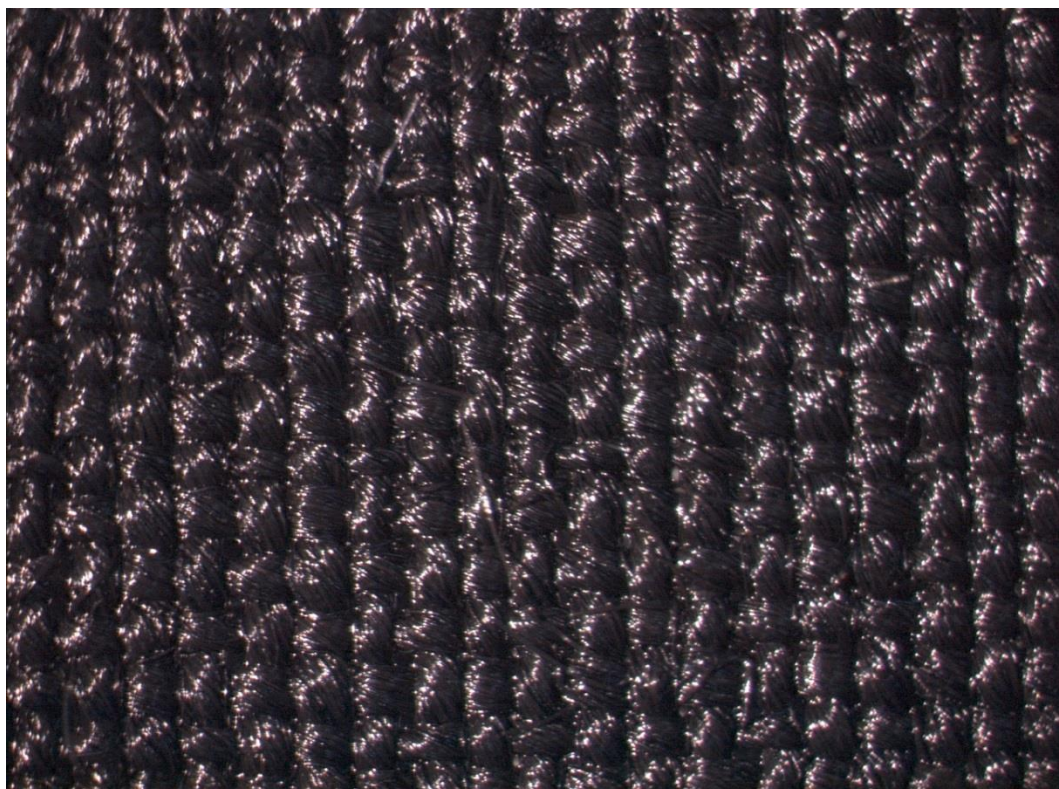
Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 – 40 % zavlhčení:



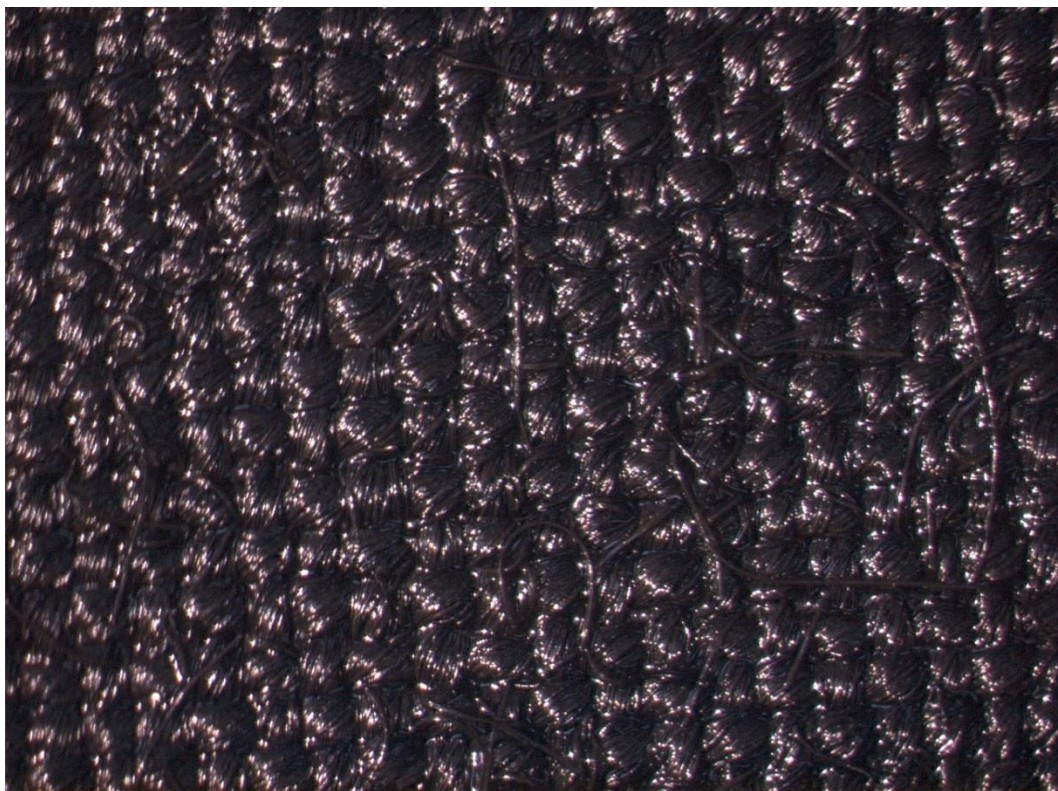
Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 – 60 % zavlhčení:



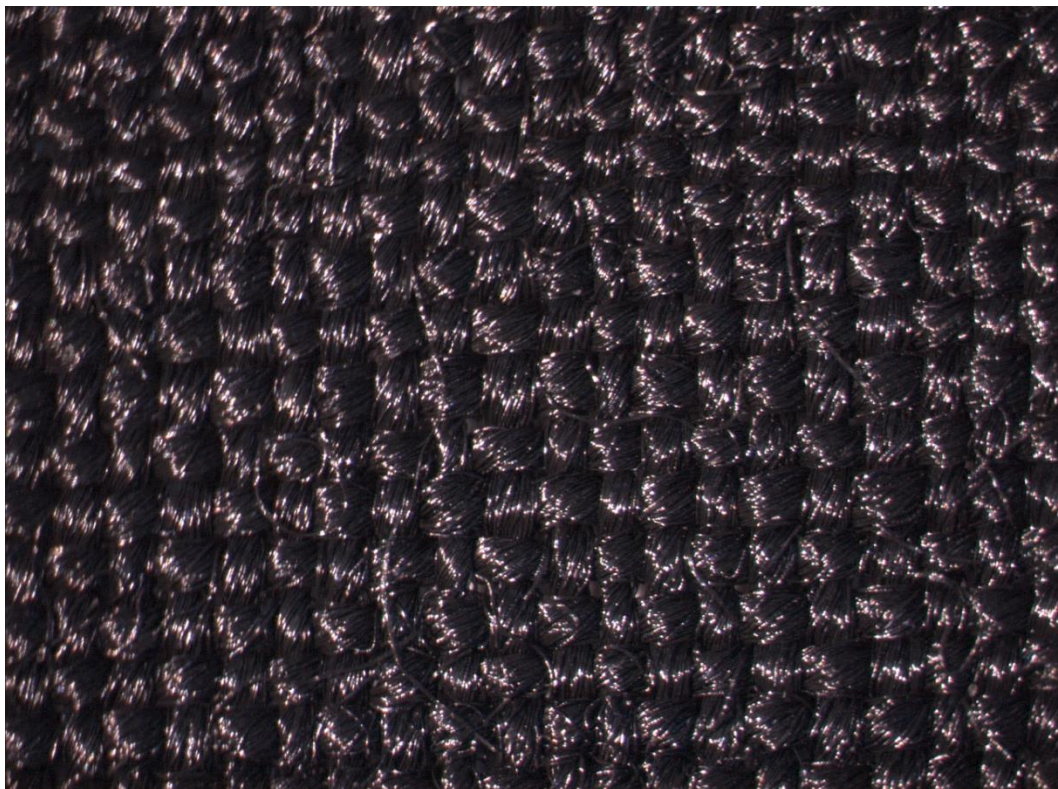
Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 – 80 % zavlhčení:



Vzorek 6 – velmi lesklý 27,5 – 100 % zavlhčení:



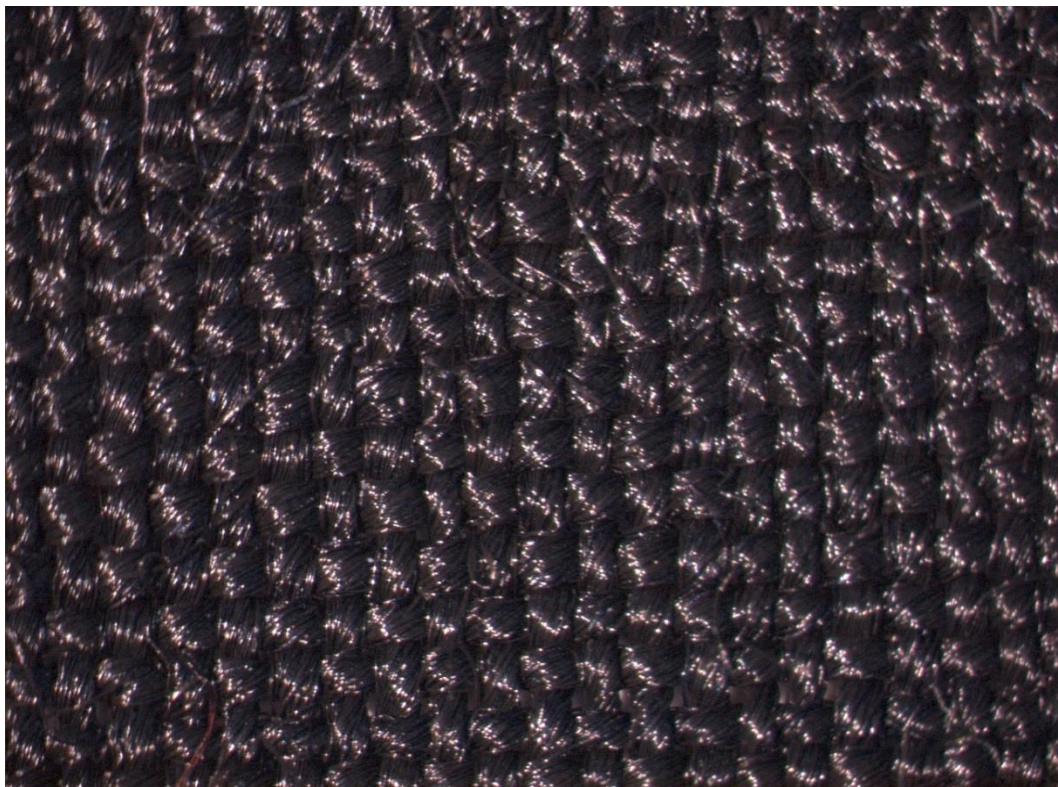
Vzorek 7 – matný 28,5 – 64 % RH:



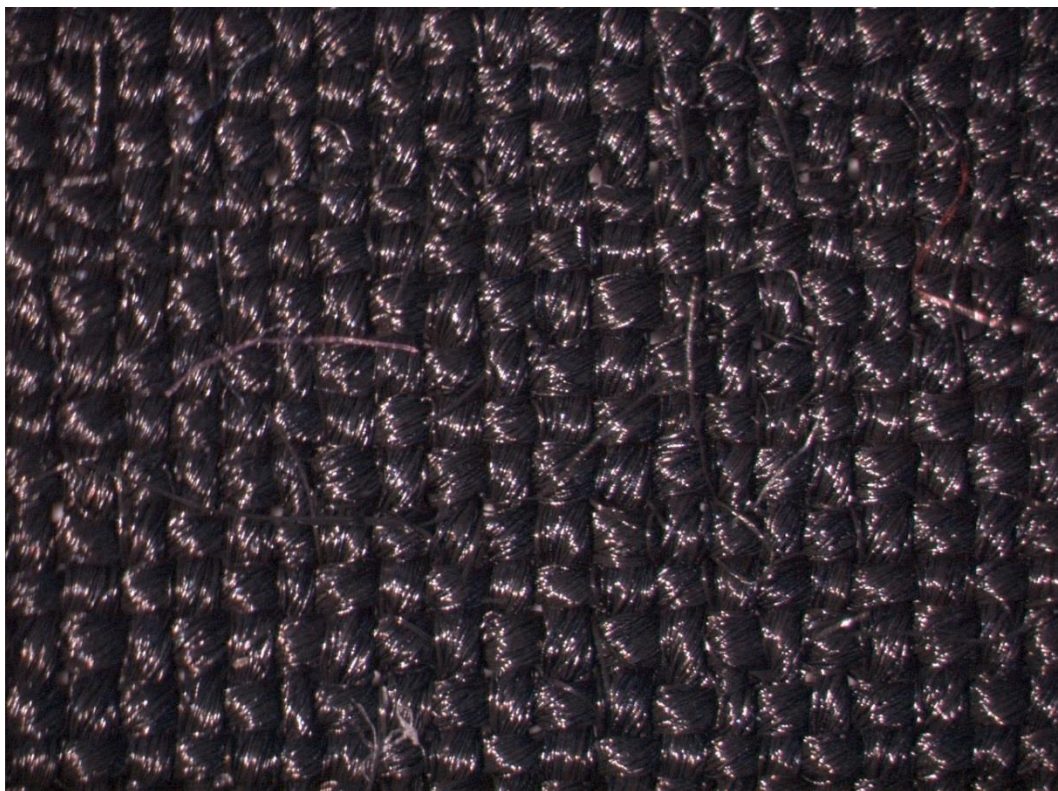
Vzorek 7 – matný 28,5 – 10 % zavlhčení:



Vzorek 7 – matný 28,5 – 20 % zavlhčení:



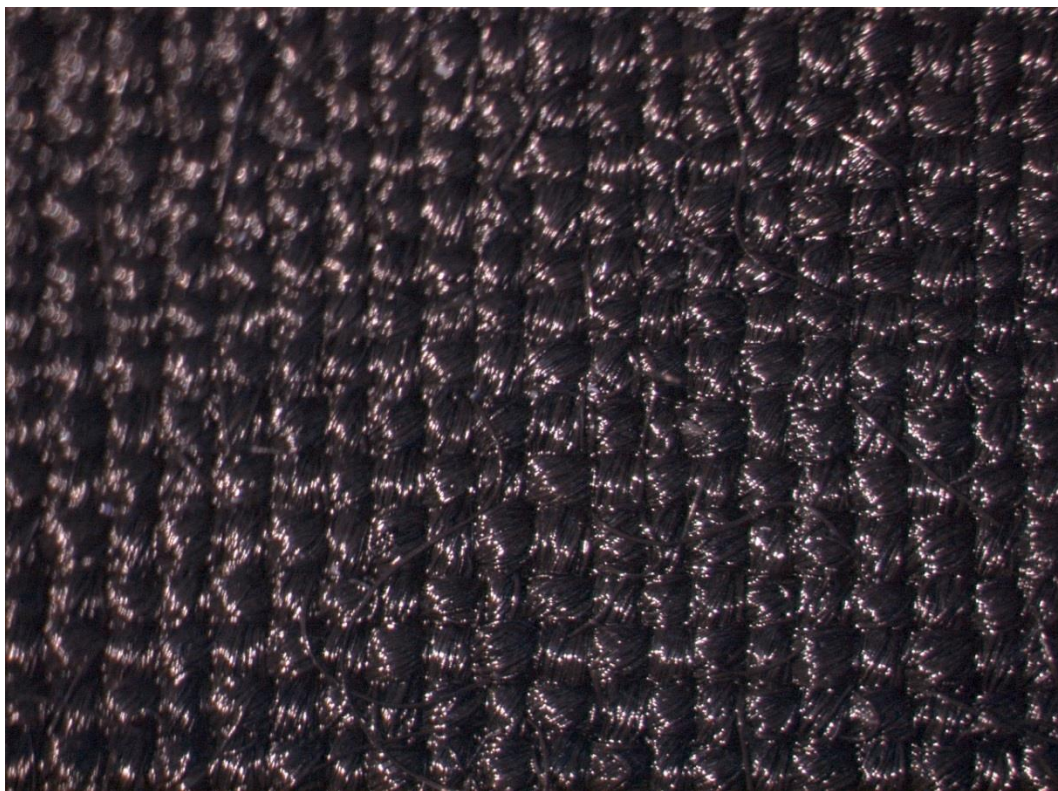
Vzorek 7 – matný 28,5 – 40 % zavlhčení:



Vzorek 7 – matný 28,5 – 60 % zavlhčení:



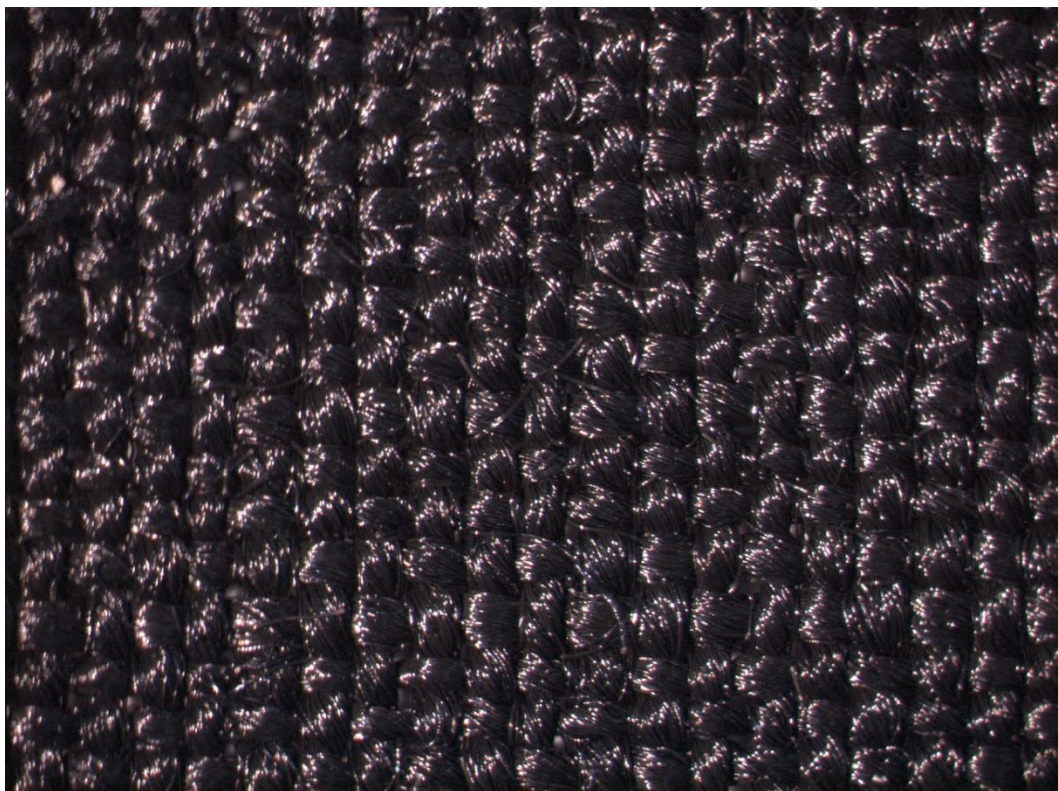
Vzorek 7 – matný 28,5 – 80 % zavlhčení:



Vzorek 7 – matný 28,5 – 100 % zavlhčení:



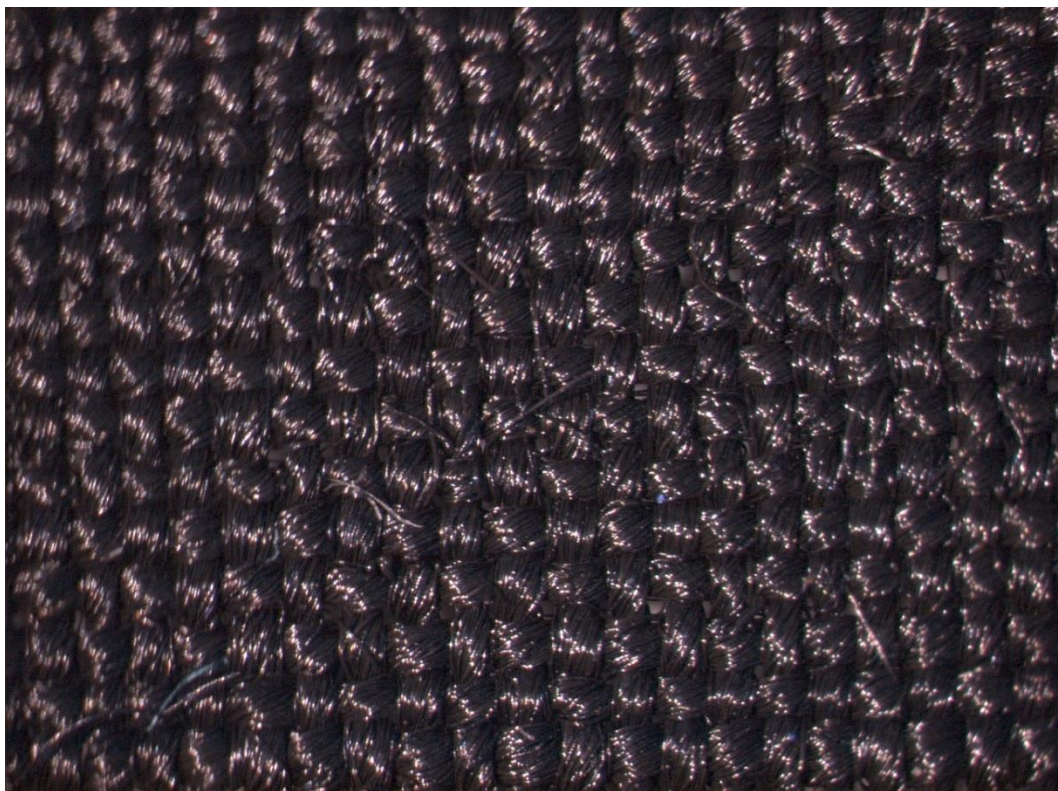
Vzorek 8 – lesklý 28,5 – 64 % RH:



Vzorek 8 – lesklý 28,5 – 10 % zavlhčení:



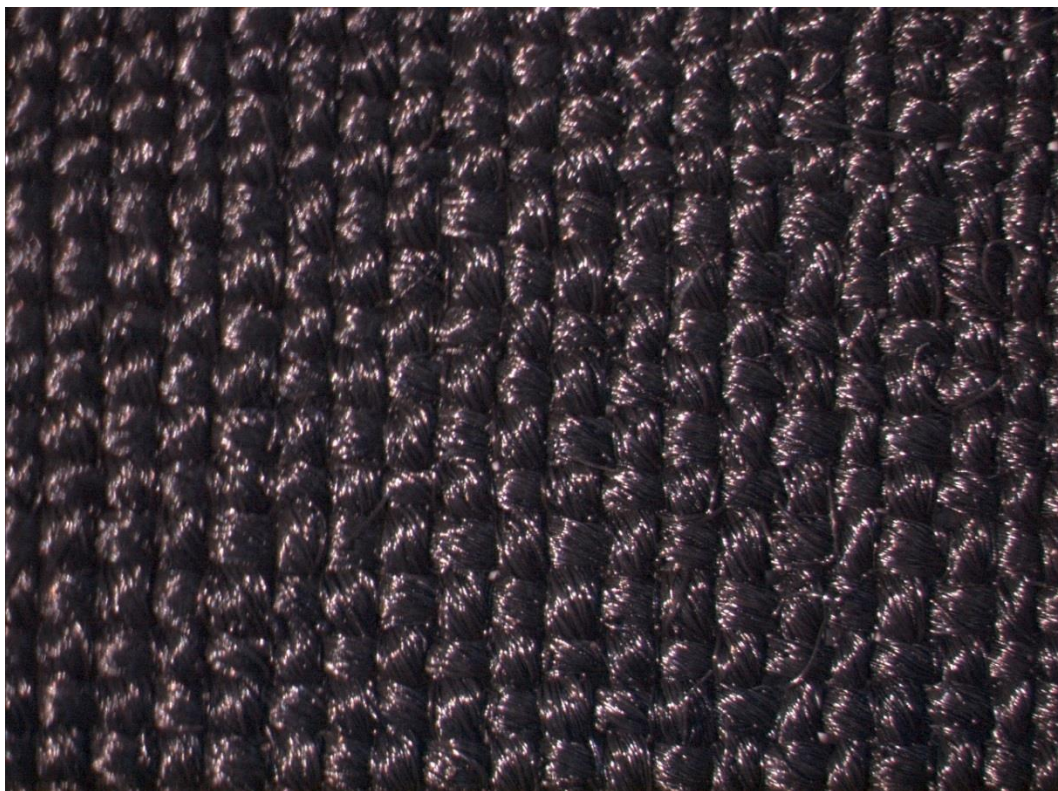
Vzorek 8 – lesklý 28,5 – 20 % zavlhčení:



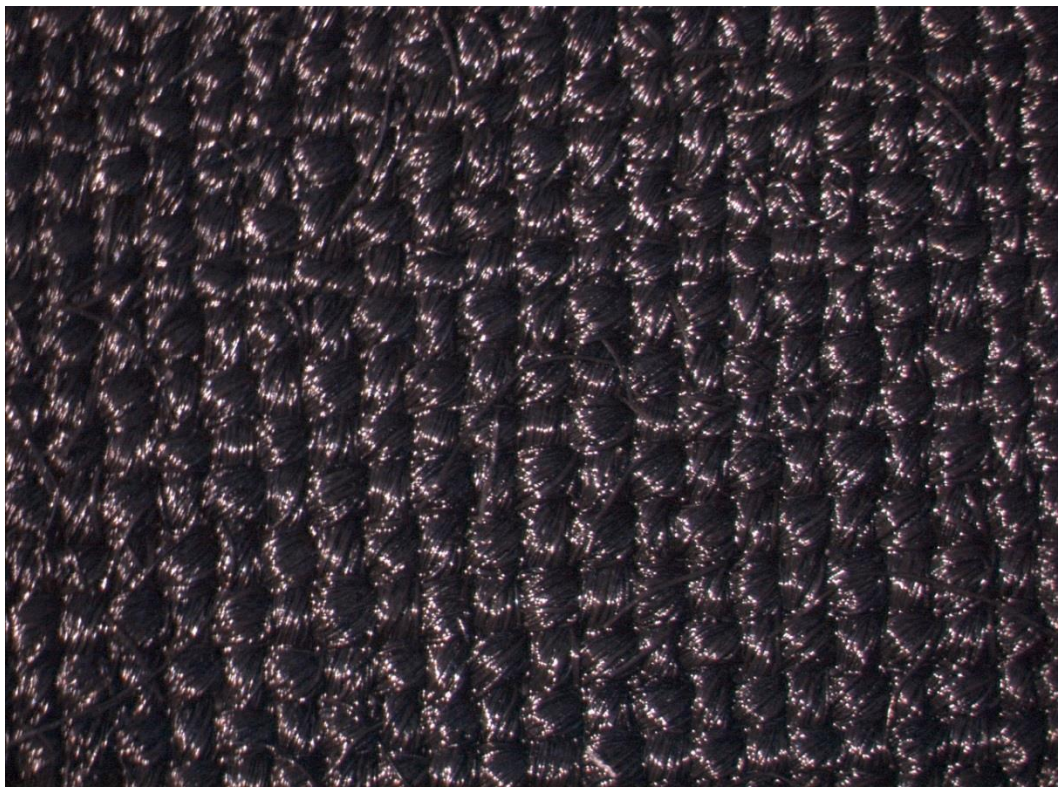
Vzorek 8 – lesklý 28,5 – 40 % zavlhčení:



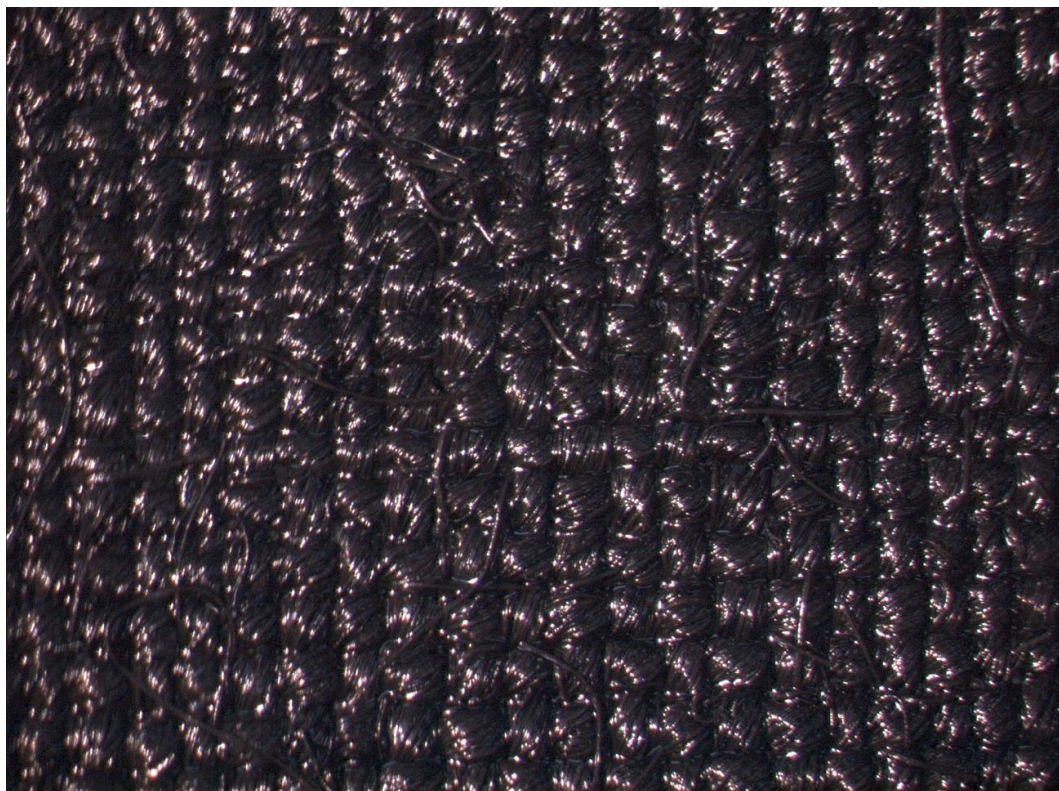
Vzorek 8 – lesklý 28,5 – 60 % zavlhčení:



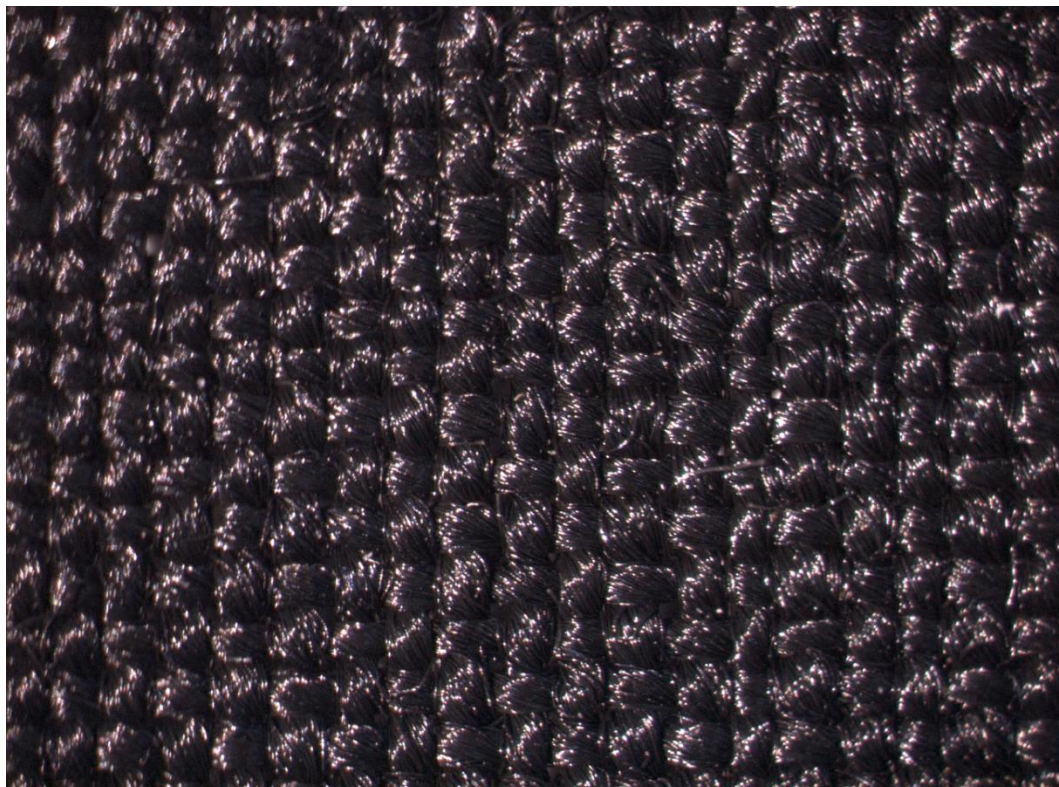
Vzorek 8 – lesklý 28,5 – 80 % zavlhčení:



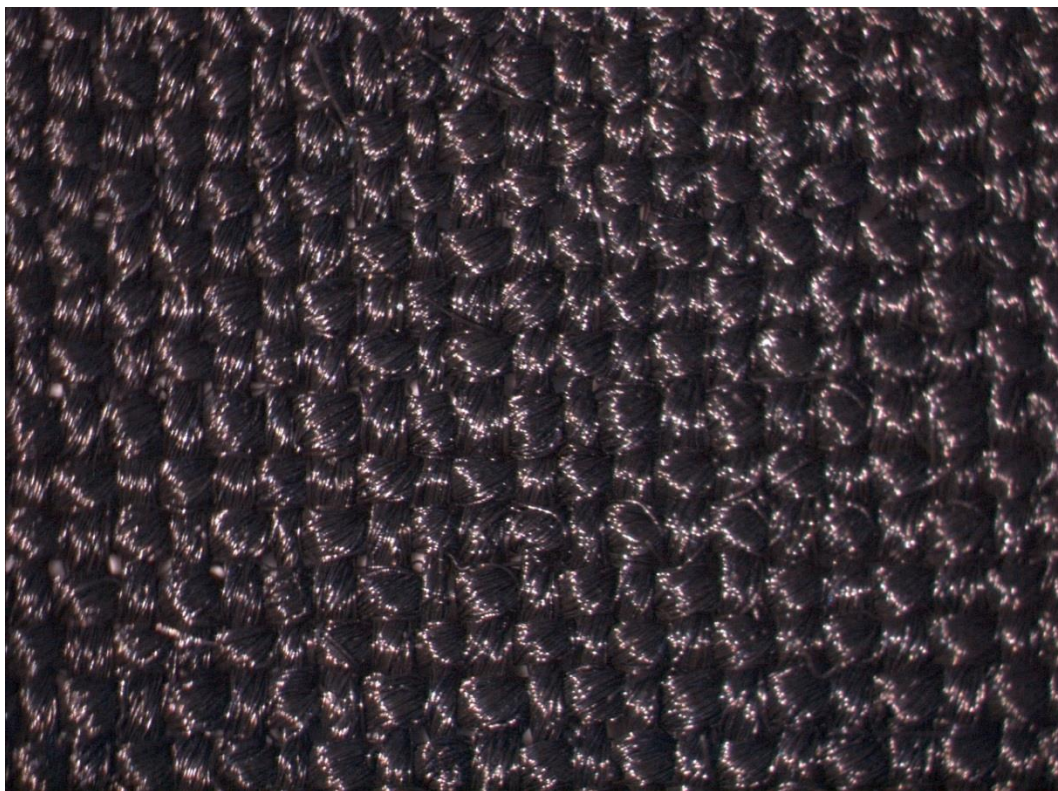
Vzorek 8 – lesklý 28,5 – 100 % zavlhčení:



Vzorek 9 – velmi lesklý 28,5 – 64 % RH:



Vzorek 9 – velmi lesklý 28,5 – 10 % zavlhčení:



Vzorek 9 – velmi lesklý 28,5 – 20 % zavlhčení:



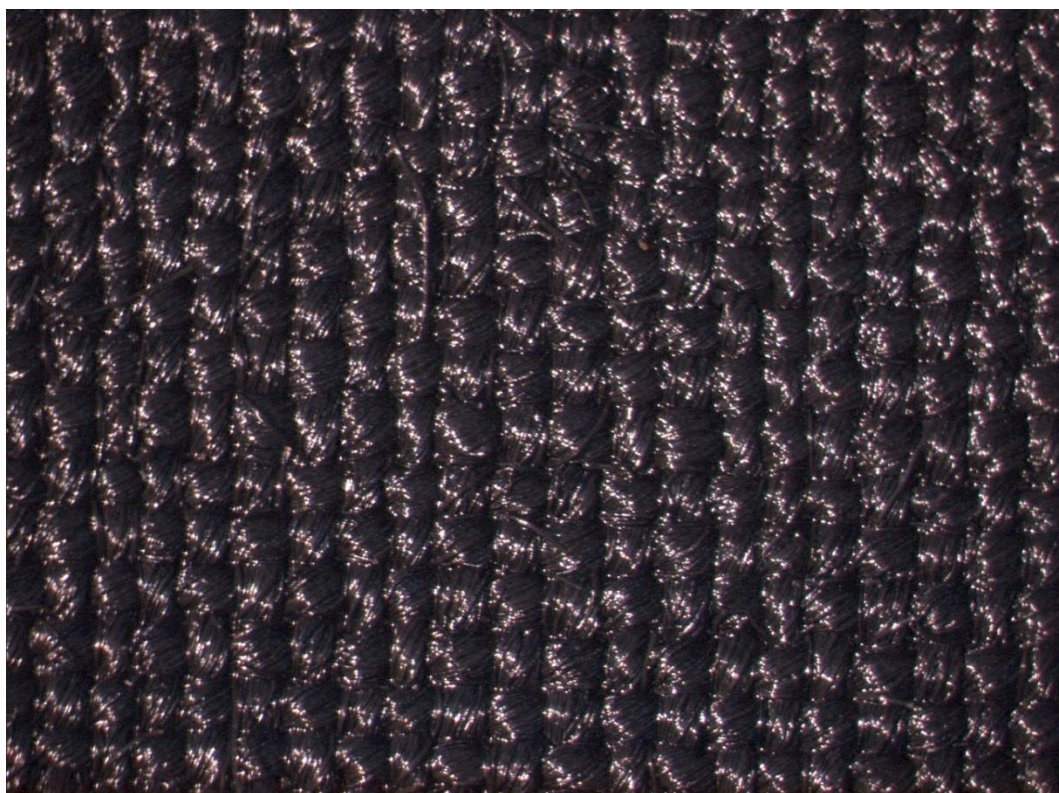
Vzorek 9 – velmi lesklý 28,5 – 40 % zavlhčení:



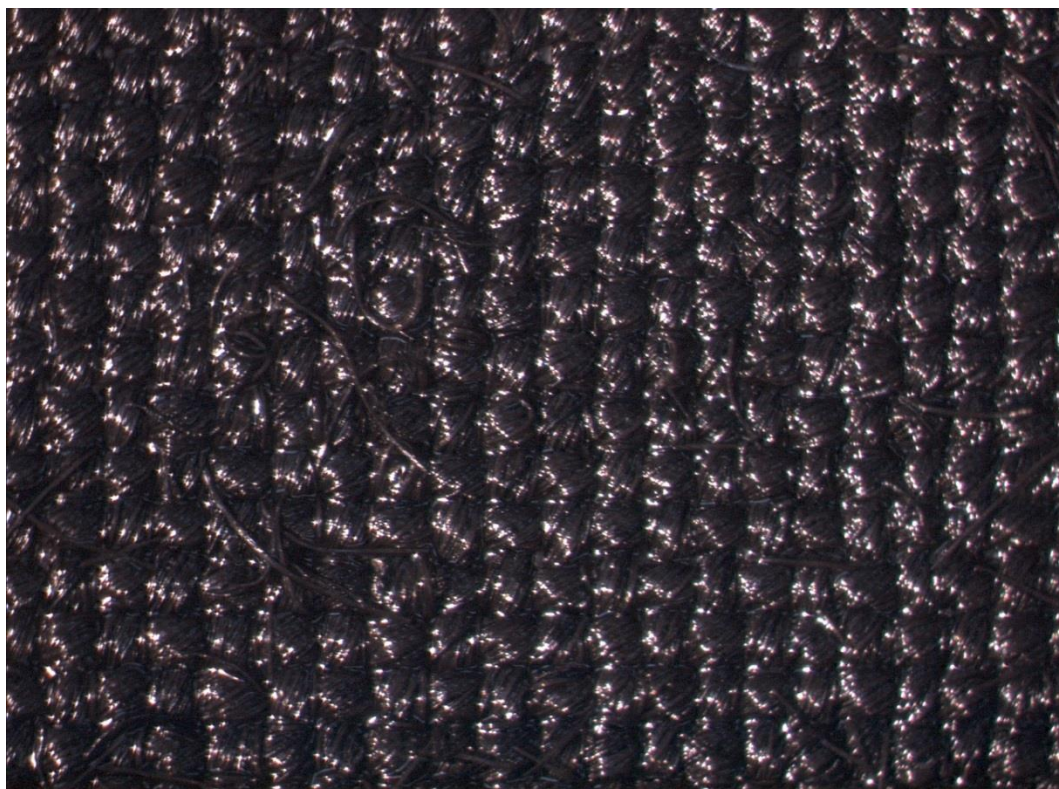
Vzorek 9 – velmi lesklý 28,5 – 60 % zavlhčení:



Vzorek 9 – velmi lesklý 28,5 – 80 % zavlhčení:



Vzorek 9 – velmi lesklý 28,5 – 100 % zavlhčení:



Vzorek 10 – kepr2/2 37– 64 % RH:



Vzorek 10 – kepr2/2 37– 10 % zavlhčení:



Vzorek 10 – kepr2/2 37– 20 % zavlhčení:



Vzorek 10 – kepr2/2 37– 40 % zavlhčení:



Vzorek 10 – kepr2/2 37– 60 % zavlhčení:



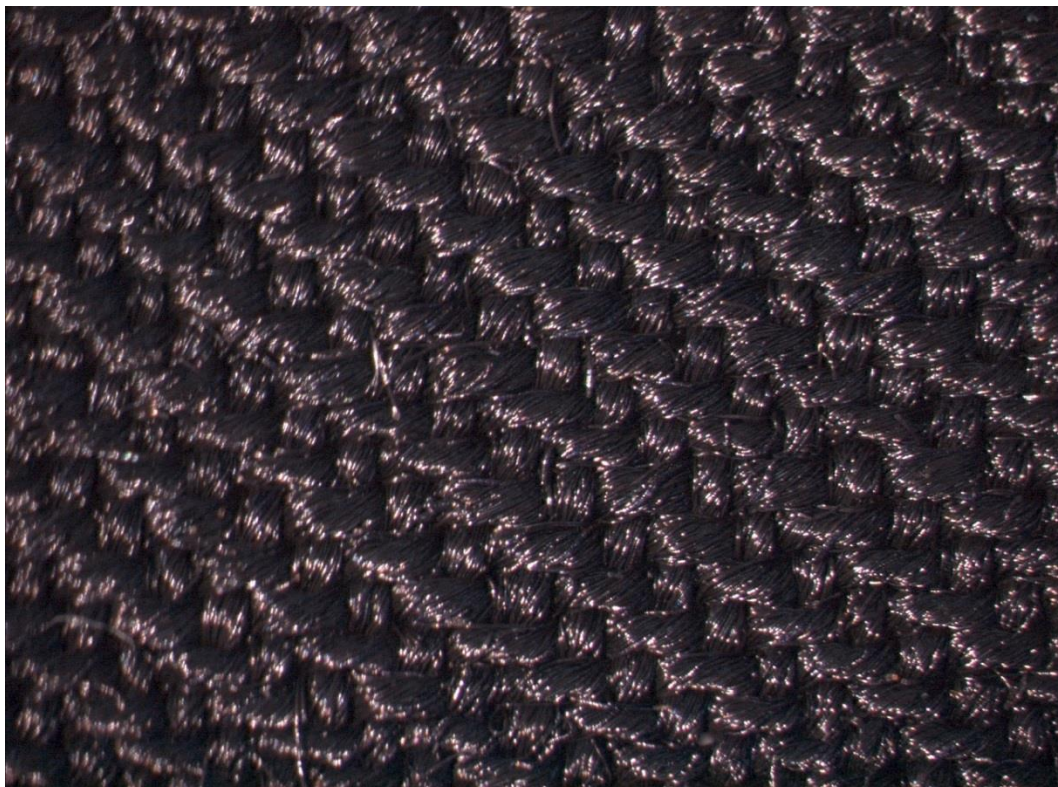
Vzorek 10 – kepr2/2 37– 80 % zavlhčení:



Vzorek 10 – kepr2/2 37– 100 % zavlhčení:



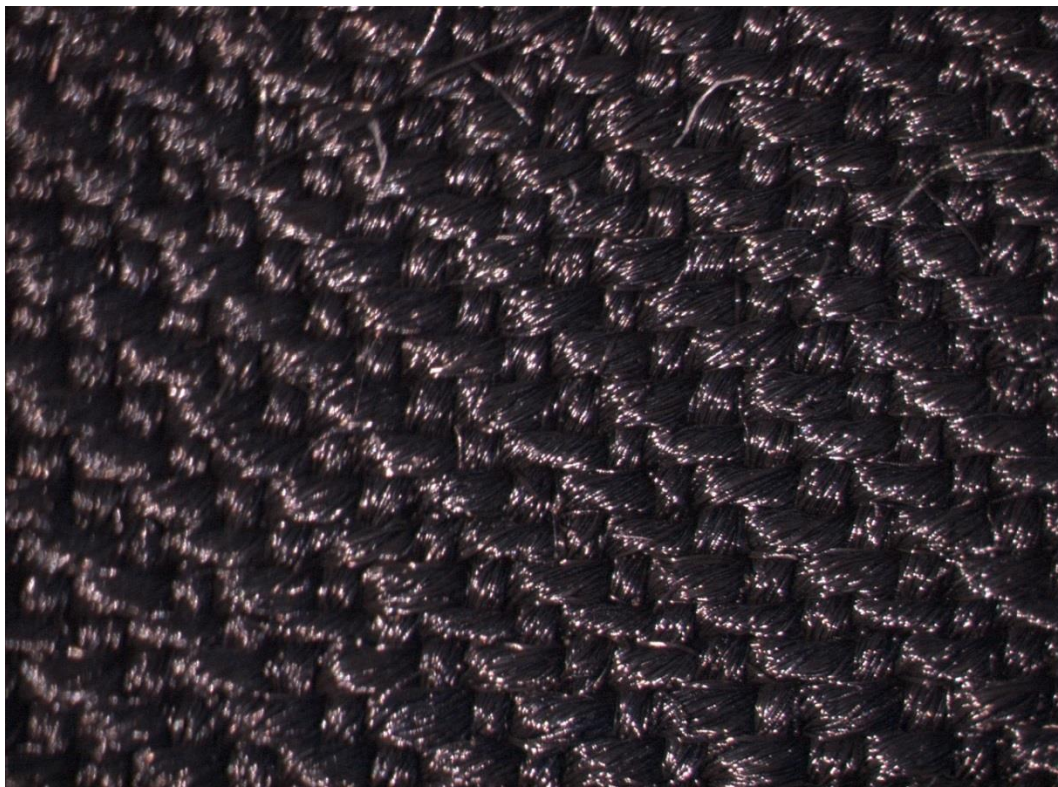
Vzorek 11 – kepr2/1 32– 64 % RH:



Vzorek 11 – kepr2/1 32– 10 % zavlhčení:



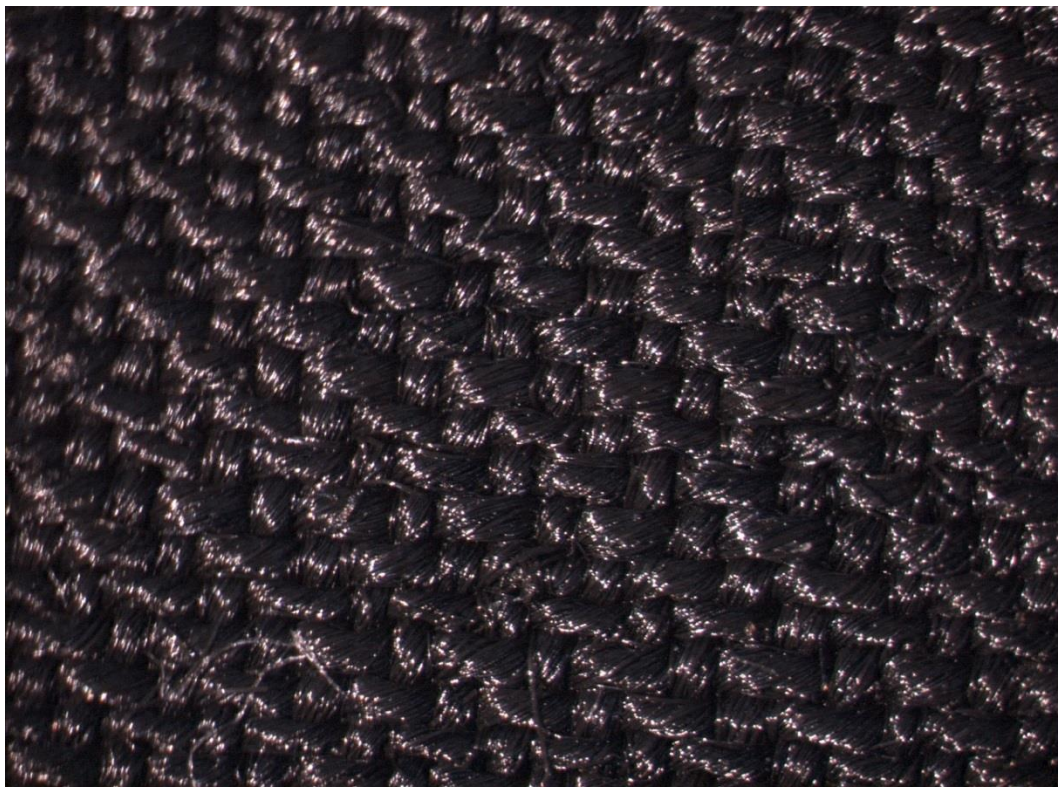
Vzorek 11 – kepr2/1 32– 20 % zavlhčení:



Vzorek 11 – kepr2/1 32– 40 % zavlhčení:



Vzorek 11 – kepr2/1 32– 60 % zavlhčení:



Vzorek 11 – kepr2/1 32– 80 % zavlhčení:



Vzorek 11 – kepr2/1 32– 100 % zavlhčení:



Příloha 11:**Vícenásobná regresní analýza pro tepelně komfortní vlastnosti za vlhka****Korelační matice**

Proměnná	Korelační matice pro zavlhčené plátňové vzorky						
	N=189						
	UD plošná hmotnost	vlhkost	prodyšnost	tepelná vodivost	tepelná jímavost	tepelný odpor	tloušťka
UD plošná hmotnost	1,00000	0,00151	-0,22132	-0,00195	0,00360	0,04911	0,43423
vlhkost	0,00151	1,00000	-0,89993	0,97814	0,99286	-0,95531	0,27826
prodyšnost	-0,22132	-0,89993	1,00000	-0,86332	-0,89780	0,88182	-0,47640
tepelná vodivost	-0,00195	0,97814	-0,86332	1,00000	0,97942	-0,92561	0,28491
tepelná jímavost	0,00360	0,99286	-0,89780	0,97942	1,00000	-0,95889	0,24735
tepelný odpor	0,04911	-0,95531	0,88182	-0,92561	-0,95889	1,00000	-0,20966
tloušťka	0,43423	0,27826	-0,47640	0,28491	0,24735	-0,20966	1,00000

Výsledky regresní analýzy pro tepelný odpor

N=189	Regresní analýza pro tepelný odpor zavlhčených vzorků R= ,91671069 R2= ,84035849 Adjusted R2= ,83864192					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(186)	p-value
Intercept			-9,80102	1,36521	-7,17912	0,00000
prodyšnost	0,93867	0,03004	0,00831	0,00026	31,2458	0,00000
UD plošná hmotnost	0,25686	0,03004	0,0929	0,01086	8,5502	0,00000

Výsledky regresní analýzy pro tepelnou jímavost

N=189	Regresní analýza pro tepelnou jímavost zavlhčených vzorků R= ,91982243 R2= ,84607330 Adjusted R2= ,84441817					
	b*	Std.Err. of b*	b	Std.Err. of b	t(186)	p-value
Intercept			4185,94	431,178	9,7082	0,00000
prodyšnost	-0,94320	0,02949	-2,684	0,084	-31,9742	0,00000
UD plošná hmotnost	-0,20514	0,02949	-23,872	3,432	-6,9545	0,00000